

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 42 90 927 C 2

51 Int. Cl. 7:  
B 23 P 21/00

- 21 Deutsches Aktenzeichen: P 42 90 927.9-14  
86 PCT-Aktenzeichen: PCT/US92/01030  
87 PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 92/17312  
86 PCT-Anmeldetag: 7. 2. 1992  
87 PCT-Veröffentlichungstag: 15. 10. 1992  
43 Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: 13. 1. 1994  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 4. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

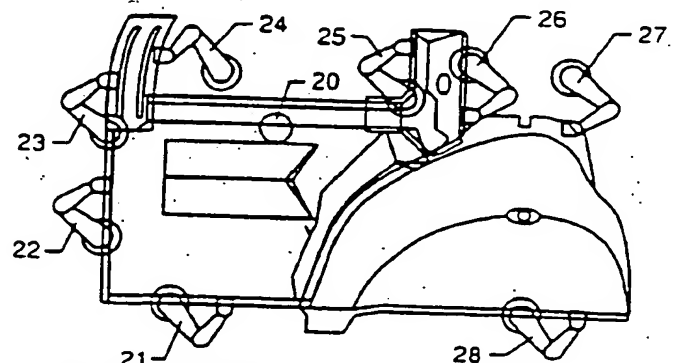
- 30 Unionspriorität:  
678596 01. 04. 1991 US
- 73 Patentinhaber:  
FANUC Robotics North America Inc., Auburn Hills,  
Mich, US
- 74 Vertreter:  
Patentanwälte Lippert, Stachow, Schmidt &  
Partner, 51427 Bergisch Gladbach
- 72 Erfinder:  
Akeel, Hadi A., Rochester Hills, Mich., US; Hautau,  
Lane A., Utica, Mich., US
- 56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:
- |    |              |
|----|--------------|
| DE | 36 20 536 C2 |
| FR | 26 31 100 A  |
| US | 49 60 969    |
| US | 49 44 445    |
| US | 48 94 901    |
| US | 48 75 273    |

US	48 21 408
US	48 11 891
US	47 38 387
US	46 91 905
US	46 41 819
US	46 16 411
US	46 11 749
US	46 11 380
US	45 94 764
US	45 30 056
US	45 27 326
US	45 19 761
US	43 83 359
US	43 69 563
US	43 32 012
US	43 28 422
US	42 74 987
US	42 56 947
US	42 32 370
US	41 63 183
US	38 54 889
US	36 24 886

- 54 Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen in einer Montagestation und Anlage zur flexiblen Montage von Bauteilen

- 57 Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen (1-4) in einer Montagestation zur nachfolgenden Bildung einer Baugruppe, wobei jedes der Bauteile wenigstens ein kritisches Lagemerkmal und eine Vielzahl von Auflagepunkten aufweist, die relativ zu dem wenigstens einen kritischen Lagemerkmal definiert sind, wobei die Anlage folgendes umfaßt:  
eine Basis (14) mit einer Vielzahl von voneinander beabstandeten, auf der Basis angeordneten programmierbaren Haltern (6, 7 und 20-28), wobei jeder der programmierbaren Halter einen individuellen Arbeitsbereich aufweist und zur Aufnahme und zum Tragen wenigstens eines der Bauteile an einem seiner Auflagepunkte ausgebildet ist, wobei sämtliche der programmierbaren Halter an vordefinierten Stellen auf der Basis (14) befestigt und gehalten sind,  
Steuerungsmittel mit einem ersten Satz von Programmen, wobei jeder der programmierbaren Halter sich unter Programmsteuerung innerhalb seines Arbeitsbereiches bewegt, um die Auflagepunkte des wenigstens einen Bauteils einzustellen, und  
Fixierelemente zur Halterung jedes Bauteils an einer Vielzahl von Haltepunkten relativ zu der Basis, dadurch gekennzeichnet,

daß die programmierbaren Halter einen Koordinatenrahmen mit einem vorbestimmten Punkt als Bezugspunkt bilden bezüglich der Basis, ...



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen in einer Montagestation zur nachfolgenden Bildung einer Baugruppe, wobei jedes der Bauteile wenigstens ein kritisches Lagemerkmal und eine Vielzahl von Auflagepunkten aufweist, die relativ zu dem wenigstens einen kritischen Lagemerkmal definiert sind, wobei die Anlage folgendes umfaßt:

eine Basis mit einem Bezugspunkt und eine Vielzahl von voneinander beabstandeten, auf der Basis angeordneten programmierbaren Haltern, wobei jeder der programmierbaren Halter einen individuellen Arbeitsbereich aufweist und zur Aufnahme und zum Tragen wenigstens eines der Bauteile an einem seiner Auflagepunkte ausgebildet ist, wobei sämtliche der programmierbaren Halter an vordefinierten Stellen auf der Basis befestigt und gehalten sind, Steuerungsmittel mit einem ersten Satz von Programmen, wobei jeder der programmierbaren Halter sich unabhängig voneinander unter Programmsteuerung innerhalb seines Arbeitsbereiches bewegt, um die Auflagepunkte des wenigstens einen Bauteils einzustellen, und Fixierelemente bzw. Mittel zur Halterung jedes Bauteils an einer Vielzahl von Haltepunkten relativ zu der Basis.

Des weiteren betrifft die Erfindung eine Anlage zur flexiblen Montage von Bauteilen zu Baugruppen, wobei eine Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen und Bearbeitungsmittel für das zumindest teilweise Verbinden der Bauteile vorgesehen sind, während diese von den Mitteln zur Halterung festgelegt sind.

Die oben genannten Anlagen sind, wie nachstehend beschrieben, für die Herstellung von Untergruppen aus Karosserieblechteilen und die weitere Herstellung von größeren Untergruppen aus Gruppen kleinerer Untergruppen, Bleche und anderer Einzelteile anwendbar. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Schlußmontage der gesamten Fahrzeugkarosserie aus größeren Untergruppen.

Der heute vorherrschende Versuch, automatisierte Fertigungstechnik in die Herstellung zu integrieren, besteht darin, wahlweise Automation vorzusehen und Inseln automatischer Fertigung zu schaffen. Es wurde die Phrase "Inseln der Automatisierung" verwendet, um den Übergang von der herkömmlichen oder mechanischen Fertigung zu der automatisierten Fertigung zu beschreiben. Interessanterweise scheinen einige diese Phrase zu nutzen, als wäre dies das erstrebenswerte Endziel. Im Gegensatz hierzu kann die Schaffung solcher Inseln ein Haupthindernis auf dem Weg zu einer integrierten Fertigung sein.

Beispiele solcher Inseln der Automatisierung in der Fertigung umfassen numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen; Roboter zur Montage, Inspektion, zum Lackieren und zum Schweißen; Laser zum Schneiden, Schweißen und zur Nachbearbeitung; Sensoren zum Testen und Prüfen; automatisierte Lager- und Wiederbereitstellungssysteme (AS/RS) zur Lagerung von zu bearbeitenden Teilen (work-in-process), Werkzeugen und Versorgungsmaterial; Einschienen-Flurförderwagen (smart carts monorails) und Fördermitteln zur Bewegung von Material von Arbeitsstation zu Arbeitsstation; automatisierte Montageausrüstung und flexible Bearbeitungssysteme. Solche Inseln werden oft einzeln erworben und durch Kostenreduzierung rechtfertigt. Ein Beispiel eines AS/RS-Systems ist in dem US-Patent 4,328,422 von Loomer offenbart. Eine andere Art von AS/RS-Systemen und ein Steuersystem dafür ist in dem US-Patent von Tapley Nr. 4,232,370 beschrieben.

Um die Inseln der Automatisierung zu integrieren, ist es notwendig, verschiedene Maschinen zu einer Einheit zu verbinden. Zum Beispiel kann ein Bearbeitungszentrum mit

Robotern zum Bestücken und Entladen von Teilen am besten mit einem visuellen Überwachungssystem zur Qualitätskontrolle verbunden sein. Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen können alle durch einen Computer, der auch Daten listet, ausgibt und sammelt, gesteuert werden. Auszuwählen, welche Inseln miteinander zu verbinden sind, kann am wirkungsvollsten auf der Basis von Kosten-, Qualitäts- und Zykluszeitgewinnen durchgeführt werden.

In einigen Fällen werden die Automatisierungsiseln sehr klein sein (z. B. eine einzige Maschine oder Arbeitsstation). In anderen Fällen könnten die Inseln Abteilungsgröße haben. Das US-Patent 4,611,749 von Kawano offenbart den Einsatz von Robotern um Teile zwischen solchen Inseln zu transferieren, die relativ nahe beieinander sind. Von einem Systemgesichtspunkt aus sind Automatisierungsiseln nicht notwendigerweise schlecht, so lange sie als Zwischenziele in der abschnittsweisen Einführung eines automatisierten Systems betrachtet werden. Um jedoch ein integriertes Fertigungssystem zu erhalten, ist es erforderlich, die Inseln der Automatisierung miteinander zu verbinden oder zu synchronisieren. Systemsynchronisation erfolgt häufig durch ein Materialhandhabungssystem. Dieses bildet physikalisch Brücken, die die Inseln der Automatisierung miteinander verbinden. Beispiele solcher miteinander durch Materialhandhabungssysteme verketteter Inseln sind in den US-Patentschriften 4,369,563 von Williamson und Nr. 3,854,889 von Lemelson offenbart.

Das Patent mit den Endziffern 563 offenbart ein System, welches Werkzeugmaschinen umfaßt, die Bearbeitungsvorgänge an Werkstücken durchführen, welche auf Paletten angeordnet sind. Die Werkzeugmaschinen werden durch Transporter aus einem Lagerregal mit Paletten versorgt. Die Paletten werden von Hand mit den Werkstücken bestückt.

Das Patent mit den Endziffern 889 offenbart ein System mit Werkstückträgern (work-holding carriers), die wahlweise in ihrer Bewegung so gesteuert werden, daß bestimmte ausgewählte Werkzeugmaschinen mit Arbeit beschickt werden, während andere Maschinen umgangen werden.

Automatisierte Materialhandhabung wurde bislang als das Rückgrat der automatischen Fertigung bezeichnet. Anders als der Computer als solcher wird diese Funktion von vielen Automatisierungsspezialisten als das wichtigste Element in dem gesamten Szenario der automatisierten Fertigung erachtet. Es ist das gemeinsame Glied, welches bei der Überführung von Materialien und Einzelteilen in fertige Produkte Maschinen, Arbeitszellen und Abteilungen zu einem zusammenhaltenden Ganzen zusammengefügt. Das US-Patent von Sekine et al Nr. 4,332,012 offenbart z. B. ein Steuerungssystem für Montagebänder für die Herstellung von verschiedenen Kraftfahrzeugmodellen. Temporäre Lagerung ist zwischen Montageschritten durch eine Lagerabteilung vorgesehen.

Bis heute war eines der Hauptanwendungsgebiete für Industrieroboter die Materialhandhabung. Hier sind solche Aufgaben umfaßt, wie das Bestücken und Entladen von Maschinen; Bestücken und Entladen von Paletten; Stapeln und Entstapeln; und der allgemeine Transfer von Teilen und Materialien - z. B. zwischen Maschinen oder zwischen Maschinen und Förderern. Ein Beispiel einer solchen Anwendung ist in dem US-Patent Nr. 4,519,761 von Kenmochi offenbart. Dieses Patent beschreibt eine kombinierte Gieß- und Montagevorrichtung, in welcher eine Palette mit einem Förderer gefördert wird. Harzkomponenten für die Verwendung bei dem Gieß- und Montagevorgang werden von den Paletten getragen.

Roboter sind häufig ein wichtiges Zubehör bei der Ausführung von flexiblen Fertigungssystemen (FMS) und der

automatisierten Fertigung. Frühe Beispiele der Verwendung von Robotern zur Montage von kleinen Teilen sind in den US-Patenten Nr. 4,163,183 und 4,274,987 von Engelberger et al beschrieben. Dort werden Roboter verwendet, um Teile von Paletten auf einem zentral angeordneten Werkstisch zu montieren.

Die automatisierte Fertigung kann angefangen von fahrerbedienten Gabelstaplern bis zu ausgeklügeltem, computerbedientem Echtzeit-Melden (real-time reporting) mit sogenannten "car-on-track"-Systemen und Farbgraphikverfolgung einer Vielzahl von Materialtransportvorrichtungen umfassen. Diese Materialtransportsysteme dienen der Integration von Arbeitszellen in sogenannte FMS-Einrichtungen und der Verbindung solcher Einrichtungen und anderer Arbeitszellen miteinander zur totalen Steuerung des Materialtransports.

Bei all ihrer Vielseitigkeit sind Roboter durch ihren relativ geringen Arbeitsradius begrenzt, wodurch es erforderlich wird, daß Arbeitsteilbefestigungsvorrichtungen und weiterzuverarbeitende Teile zwecks Bearbeitung zu dem Roboter gebracht werden müssen. Die vollständige Integration des Roboters in das flexible Fertigungssystem erfordert, daß viele Teile und Unterbaugruppen dem Roboter auf einem automatisierten Transport- und Verbindungssystem präsentiert werden. Zum Beispiel führt die Aufstellung eines Montageroboters ohne ein automatisiertes Transportsystem zu einer ineffizienten Insel der Automatisierung mit großen Lagern von zu verarbeitenden Teilen, die notwendig sind, um die Ineffizienz der manuellen Zulieferung und der Zulieferung mittels Gabelstapler zu kompensieren.

Ein Beispiel der Verwendung von Robotern bei der Montagebandfertigung ist in dem US-Patent Nr. 4,611,380 von Abe et al beschrieben. Dieses Patent offenbart die Verwendung eines Strichcodes zur Identifizierung der auf einem Basiselement zu montierenden Einzelteile, um die Montagevorgänge zu steuern.

Das US-Patent von Suzuki et al Nr. 4,616,411 beschreibt einen Befestigungsapparat mit einer Bolzenaufnahme- und Zufuhreinrichtung zur Verwendung bei der automatisierten Montage einer Kraftfahrzeugtür.

Die Handhabung, Orientierung und Zuführung von Teilen, wie sie von Zulieferern ankommen, muß vor der Montage durch den Roboter erfolgen, da diese Teile in der Regel für den Montageroboter neu ausgerichtet werden müssen. Das US-Patent Nr. 4,527,326 von Kohno et al beschreibt z. B. eine vibrierende Schüssel, die einem Montageroboter Teile zuführt. Ein Sichtsystem ermöglicht dem Roboter, die einzelnen Teile aus der Schüssel herauszunehmen.

Die Teilezufuhr ist eine Technologie, die grundsätzlich hinter den fortgeschrittenen Automatisierungssystemen, die diese unterstützt, zurückgeblieben ist. Im allgemeinen jedoch beeinträchtigt die Teilezufuhr die Flexibilität, steigert die Kosten, steigert die beanspruchte Grundfläche und verlängert die für das Zulieferkonzept benötigte Zeit (concept-to-delivery time). Für eine maximale Flexibilität sollte ein minimaler Aufwand an Werkzeug in Betracht kommen. Andererseits kann zusätzliches Werkzeug wirkungsvoll verwendet werden, um durch Unterstützung des Roboters Zeit zu sparen. Typischerweise hierfür vorgesehene "Hardware" – Schüsselnzuführer, Magazine, Paletten – ist erforderlich, um dem Roboter Teile zuzuführen. Im Gegensatz zu dem Roboter ist die hierfür vorgesehene Hardware nicht einfach wieder einsetzbar und deshalb für mittelgroße Anwendungen weniger wirtschaftlich.

Das US-Patent Nr. 4,383,359 von Suzuki et al offenbart ein Teilezufuhr- und Montagesystem mit Mehrstufenvibrations- und Magazinzuführern. Ein Roboter wird dazu verwendet, die Position der zuzuführenden Teile zur Montage an ei-

nem von einem Bandförderer getragenen Chassis zu ändern. Der Roboter arbeitet in Kombination mit einem Sichtsystem, um die Teile zu reorientieren.

Weder flexibel noch ausgeklügelt wird die Teilezufuhrausrüstung gewöhnlich von hochqualifizierten Handwerkern konstruiert, die mit Schweißbrenner und Hammer in kleinen spezialisierten Gruppen arbeiten. Die verbreitetste und billigste Zufuhrmethode – Vibrationsschüsselzufuhr – bietet dem Konstrukteur eine vielseitige Basis, die leicht modifiziert werden kann, um viele verschiedene Teile, die unproblematisch und im wesentlichen identisch sind, zu handhaben. Kritische Teile oder solche Teile, die sich verheddern, sowie Motoren, werden zur exakten Ausrichtung besser durch Magazine oder Tablettis zugeführt.

Auch können nicht alle Teile mittels Schüsselbeschickung zugeführt werden. Für die meisten Teile ist das vordringliche Interesse die Geometrie, insbesondere die Symmetrie. Wenn ein Teil weder symmetrisch noch grob asymmetrisch ist, wird die Vibrierschüsselbeschickung einfacher und effizienter sein.

Roboter können Werkstücke laden und entladen, diese auf dem Transport montieren, sie vor Ort inspizieren oder sie einfach nur identifizieren. Die Art der Aktivität des Roboters oder der Maschine und die Schnittstelle zu dem Materialtransportsystem bestimmt die gestalterischen Anforderungen an das Transportsystem. Eine der Gestaltungsvariablen bezüglich dieser Schnittstelle umfaßt die Exaktheit und Wiederholbarkeit, mit welcher eine Last positioniert werden kann (in drei Ebenen). Auch die sorgfältige Ausrichtung des Werkstückes, wenn es anfänglich auf den Transportträger geladen wird, spart Zeit, wenn die Arbeit an den Roboter oder an das weiterverarbeitende Werkzeug weitergegeben wird. Die richtige Ausrichtung des Teils ermöglicht das schnelle Auffinden dieses Teils mit automatischen Vorrichtungen ohne nach ihm zu suchen und jedesmal an der Arbeitsstation Zeit zu verschwenden.

Halterungen können so ausgebildet sein, daß sie verschiedene Werkstücke aufnehmen, so daß die Investitionen für Ausrüstung reduziert werden können, wenn mehr als ein Produkt oder eine Produktart mit dem gleichen System bearbeitet werden.

Das Transportsystem muß in der Lage sein, innerhalb des aufgrund von Maschinen- und Gebäudekonfigurationen begrenzten Raumes zu arbeiten und muß dennoch kontinuierlich mit der durch Werkstückgewicht und Halterungsgewicht aufgetragenen Last sowie mit zusätzlichen Kräften, die durch andere bei der Verarbeitung benötigte Ausrüstung erzeugt werden, betrieben werden.

Das System muß ferner die Möglichkeit bieten, Teile an der Arbeitsstation einzufädeln, so daß während des gesamten Verfahrens ein kontinuierlicher Arbeitsfluß aufrechterhalten werden kann. Das automatische Einreihen von Transportträgern sollte ein sanftes Ansammeln ohne Beschädigung der Teile oder der Träger sein.

Das größte Hindernis der Roboter Montage ist die wirtschaftliche Rechtfertigung. Wenn die Kosten der Roboter Montage mit traditionellen manuellen Verfahren oder mit großvolumig ausgelegter Maschinerie (high volume dedicated) verglichen werden, schneiden Roboter oft schlechter ab. Ein Teil dieses Spektrums sind großvolumige Hochgeschwindigkeitsanwendungen, so starke Automatisierung angewandt wird. In einer solchen Umgebung ist es für Roboter schwierig, sich durchzusetzen. Andererseits werden Produkte mit geringerem Umfang und größerer Vielfalt von Hand montiert. Robotern kann die Geschicklichkeit zur Durchführung derartiger Arbeiten fehlen und Roboter können mehr kosten als relativ gering bezahlte Monteure. Zwischen diesen beiden Extremen zur flexiblen Fertigung gibt

es einen Mittelweg. Viele glauben, daß die beste Lösung eine Kombination von Robotern, ausgewählter Ausrüstung und manueller Montage ist.

Wenngleich die Montage eine der schwierigsten Gebiete der Roboteranwendung ist, behaupten viele, daß es auch die vielversprechendste Anwendung ist. Montageroboter bieten ein breites Feld von Vorteilen, die nicht ignoriert werden können. Sie können Produkte von hoher und beständiger Qualität herstellen, weil sie teilweise hochqualitative Einzelteile benötigen. Ihre Umprogrammierbarkeit gestattet es, sie an Gestaltungsänderungen und verschiedene Produktarbeiten leicht anzupassen. Bestände an weiterzuverarbeitendem Material und Ausschuß können reduziert werden. Es ist deshalb wichtig, daß das Materialtransportsystem, welches die Roboter bedient, in der Lage ist, sich schnell mit Teilen in Position zu bewegen und sich anschließend aus der Arbeitsstation heraus zu stromabwärts gelegenen Stationen zu bewegen. Prompte Transporterbewegungen erlauben eine Minimierung des weiterzuverarbeitenden Inventars. Stapelgrößen werden kleiner und werden schneller abgearbeitet mit nur einem Minimum an Stauungen an jeder Arbeitsstation.

Das US-Patent Nr. 4,594,764 von Yamamoto offenbart eine automatische Vorrichtung und ein Verfahren zur Montage von Teilen in einem Bauelement wie z. B. einem Armaturenbrett eines Kraftfahrzeugs. Ein Förderer fördert eine Aufspannvorrichtung, die das Brett aufnimmt zu und von Montagestationen. Roboter befestigen die Teile auf dem Armaturenbrett an den Montagestationen. Die Roboter sind mit an den Armen angeordneten Muttern-Andrehvorrichtungen versehen, die von Vibratorschüsseln mit Teilen versorgt werden.

Ein Bindeglied zur Verkettung einiger voneinander unabhängiger automatisierter Herstellungsvorgänge ist das automatische gelenkte Transportsystem (AVGS). Das AVGS ist ein relativ schnelles und verlässliches Verfahren zum Transport von Material, Teilen oder Ausrüstung, insbesondere wenn das Material von dem gleichen Ausgangspunkt zu anderen gemeinsamen Bestimmungspunkten transportiert werden soll. Führungswegflexibilität und unabhängige und verteilte Kontrolle machen das AVGS zu einem effizienten horizontalen Transportmittel. Solange ausreichend Platz und ein relativ glatter Boden zur Befestigung von Führungsdrähten oder Übertragern vorhanden ist, kann das AVGS eingesetzt werden.

Als Alternative zu herkömmlichen Förderverfahren bietet das AVGS eine zentralisierte Steuermöglichkeit für Materialbewegungen. Außerdem benötigt AVGS wenig Raum im Vergleich zu einem Förderband. Die Informationen, die von dem AVGS erhältlich sind, ermöglichen die Verwaltung mit einer Datenbank, die die Produktion anzeigt. Das US-Patent Nr. 4,530,056 von Mackinnon offenbart ein AVGS-System, das ein Steuersystem zur Steuerung der einzelnen Fahrzeuge umfaßt.

Roboteranordnungen für Transporterschnittstellen können grundsätzlich in drei Kategorien eingeteilt werden: (1) stationärer Roboter, (2) sich bewegender (z. B. mobiler) Roboter (auf dem Boden oder Überkopf) und (3) in eine Maschine integrierter Roboter. Die sich bewegenden Roboter lassen sich in zwei Arten unterteilen. Zum einen in ortsfeste Roboter, die auf einem Transporter montiert sind und sich zwischen Arbeitspositionen bewegen, um Schweißarbeiten, Überwachungsarbeiten und andere Aufgaben wahrzunehmen. Die zweite Art von sich bewegenden Robotern ist die Kraneinheit, die Werkstücke von mehr als einer Tonne Gewicht oberhalb der Arbeitszellen und des Transportsystems positionieren kann. Das System muß nur irgendwo innerhalb der Reichweite der Kranbewegung abliefern und auf-

nehmen.

Endeinrichtungen, die bei der Materialhandhabung verwendet werden, umfassen alle herkömmlichen Techniken – Standardgreifer, Saugnapfe, Elektromagneten – und viele spezielle Ausführungen um ungewöhnlichen Anwendungserfordernissen zu entsprechen. Mehrzweckwerkzeug wird oft verwendet, sowohl um Separatoren oder Ablagetische als auch Teile, die durch das System bewegt werden, aufzunehmen.

Vakuumgreifer und elektromagnetische Greifer sind vorteilhaft, weil sie besser den Zugriff auf die Teile von oben als von der Seite erlauben. Dies vermeidet die sonst häufig bei der Verwendung von mechanischen Greifern angestellten Räumlichkeitsüberlegungen.

Jedoch ist die Verwendung von Vakuum- und elektromagnetischen Greifern nicht ganz unproblematisch, da die Zykluszeit nicht nur eine Funktion der Roboter Geschwindigkeit und seiner Beschleunigungs-/Verzögerungseigenschaften ist. Die Zykluszeit ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der der Roboter sich bewegen kann, ohne die Kontrolle über die Last zu verlieren. Horizontale Scherkräfte müssen bei der Verwendung solcher Greifer berücksichtigt werden. Dies bedeutet häufig, daß der Roboter geringfügig unter seiner Maximalgeschwindigkeit betrieben werden muß.

Zur Zeit werden in der automatisierten Karosseriemontage Halterungen verwendet, auf welchen die Karosseriebleche relativ zueinander in einer vordefinierten Lage angeordnet werden. Die Lage wird durch Lagepunkte bestimmt, die die Bleche aufnehmen und in der gewünschten Position festlegen. Lagepunkte werden gewöhnlich durch feste Anschläge gebildet, gegen welche die Bleche geklemmt werden oder die die Bleche innerhalb akzeptabler Toleranzen festlegen.

Die Lagepunkte müssen für die korrekte Anordnung bezüglich der angrenzenden Bleche und Komponenten innerhalb bestimmter Toleranzen eingestellt werden, bevor die Bleche und Einzelteile durch die Bearbeitungsausrüstung zusammengefügt werden. Um einen bestimmten Genauigkeitsgrad zu erzielen, ist es in der Regel erforderlich, manuelle Einstellungen mittels Unterlegstücken oder dergleichen an den Halteklemmen vorzunehmen. Die Einstellung muß durch Feinmessungen überprüft werden. Das ganze Verfahren ist sehr zeitaufwendig, teuer und langwierig.

Wenn das Blech für die Außenhaut der Fahrzeugkarosserie verwendet wird, kann das Festklemmen die Außenfläche des Blechs verkratzen und das äußere Erscheinungsbild des Fahrzeugs beeinträchtigen. Solche Bleche sind nur in einer begrenzten Konfiguration mit geringen Spielräumen angeordnet. Der Spielraum zwischen den Blechen und der Halteinrichtung muß minimiert werden, wenn ein Verwinden des Blechs und Ungenauigkeiten des Mechanismus zugelassen werden. Manuelle Einstellung und Überprüfung ist wieder notwendig.

Wenn die Bleche einmal in den gewünschten Positionen zueinander angeordnet und festgeklemmt oder festgelegt sind, wird diese Anordnung gewöhnlich einer anderen Bearbeitungseinrichtung zur permanenten Verbindung aller Bleche und Einzelteile zugeführt. Punktschweißen ist bei der Kraftfahrzeugherstellung ein geläufiges Verfahren. Verkleben, Verschmelzen und Laserschweißen sind ebenfalls anerkannte Verfahren, um Metalle oder andere Materialien, wie z. B. polymerische Verbundmaterialien, miteinander zu verbinden.

Die zusammengesetzte Untergruppe wird dann gelöst, aus den Halterungen herausgehoben und zu anderen Montageplätzen gebracht, um dort in andere Gruppen integriert zu werden oder schließlich zu der vollständigen Karosserie zu-

sammengebaut zu werden.

Gelegentlich werden Roboter und andere programmierbare Vorrichtungen zur Automatisierung bestimmter Montagevorgänge im Kraftfahrzeugkarosseriebau verwendet. Solche Vorgänge sind z. B. Punktschweißen und die Materialhandhabung. Jedoch wurde diese Automatisierung nicht allgemein auf die Anordnung der weiterzuverarbeitenden oder zu handhabenden Einzelteile ausgedehnt. Ein Beispiel einer Ausnahme ist in dem US-Patent Nr. 4,944,445 beschrieben. Dieses Patent erfordert die Vorsortierung von zu montierenden Einzelteilen und deren Anordnung in ungefähren Positionen auf einer speziell ausgestalteten Palette vor der Bearbeitung. Dies zieht die Unbequemlichkeit, Kosten und Platzanforderungen einer Vielzahl von Montagepaletten mit sich und unterscheidet sich nicht sehr weit von den Erfahrungen, die zur Zeit mit Versuchen der festen Automatisierung gemacht werden.

Das '445-Patent offenbart auch programmierbare Halter, die als Werkzeugträger beschrieben werden und die mit handelsüblichen Werkzeugen bestückt werden müssen. Diese Werkzeuge müssen so beschaffen sein, daß sie der Montage oder dem Verfahren derart angepaßt sind, daß die montierten Teile genau auf die Werkzeugbacken aufsteckbar sind.

Diese Anordnung hat gegenüber fester Automatisierung den Vorteil, daß nur ein Satz passender Werkzeuge erforderlich ist, die dort verbleiben, wo die Teile miteinander verbunden werden, anstelle mit jeder Palette dupliziert zu werden, wie das bei fester Automatisierung der Fall ist. Jedoch sind genau so viele Paletten wie bei der festen Automatisierung erforderlich. Die Halter sind in Gruppen angeordnet, wobei jede Gruppe in gemeinsamen Bewegungsebenen zwangsgeführt ist, wodurch die Flexibilität Nacheinstellungen vornehmen zu können, begrenzt ist, nachdem die Einzelteile auf dem Werkzeug angeordnet worden sind.

Das US-Patent Nr. 4,641,819 offenbart programmierbare Vorrichtungen, die zur beabsichtigten Anordnung von Teilen genau positioniert werden und Halteelemente aufweisen, die durch ihre Anordnung die Anordnung des jeweiligen Teils definieren. Programmierbare Vorrichtungen, herkömmlicherweise als Roboter bekannt, halten die Teile. Die Vorrichtung gemäß dem '819-Patent weist einen Satz von Grobeinstellmitteln für die Halterungen und einen Satz von Feineinstellmitteln für die Halterungen auf.

Das US-Patent Nr. 4,821,408 offenbart eine passive Positioniereinrichtung oder ein Spannfutter mit Halteelementen, die durch separate Bewegungselemente bewegt werden können.

Das US-Patent Nr. 4,738,387 betrifft das Layout von Montagestationen, das Stapeln von Teilen und die Lagerung von Teilen.

Das US-Patent Nr. 4,811,891 offenbart ein Verfahren zur Montage von Zweirädern. Die Spannvorrichtungen werden so befestigt, wie dies für die feste Automatisierung typisch ist. Das '891-Patent lehrt keine Flexibilität bei der Anpassung an verschiedene Karosserien, verschiedene Rahmen, verschiedene Größen oder Teile verschiedener Gestalt.

Das US-Patent Nr. 4,960,969 offenbart den herkömmlichen Einsatz von Robotern, kombiniert mit Werkzeugwechsel, um Roboter sowohl die Handhabung der Teile als auch die Bearbeitung der Teile, wie z. B. durch Punktschweißen, durchführen zu lassen.

Das US-Patent Nr. 4,691,905 offenbart das Anpassen der Montagefläche eines Teilehalters an die Form des Teils.

Das französische Patent Nr. 2631-100-A offenbart eine Positioniereinrichtung, welche ein Teil bewegt, nachdem dieses an der Positioniereinrichtung festgeklemt worden ist.

Das US-Patent Nr. 4,894,901 betrifft die gemeinschaftli-

che Bearbeitung eines Teiles mittels zweier Roboter, eines Roboters zum Festhalten und eines Roboters zum Bearbeiten.

Das US-Patent Nr. 4,875,273 offenbart eine Vorrichtung, die Teile mittels fester Spannvorrichtungen positioniert. Ein Roboter bewegt die zusammengesetzte Baugruppe.

Das US-Patent Nr. 3,624,886 betrifft die herkömmlich feste Automatisierung und Verfahren zur Montage von Teilen, die sich dieser bedienen.

Die im Stand der Technik bekannten Haltevorrichtungen müssen grundsätzliche auf spezielle Modelle, Größen und Arten von Kraftfahrzeugkarosserien zurechtgeschneidert werden. Verschiedene Halterungen sind für jede Untergruppe bzw. Vormontage selbst dann erforderlich, wenn zwischen den einzelnen Karosserietypen die Unterschiede geringfügig sind. Es ist deshalb immer dann, wenn verschiedene Karosserietypen in derselben Fertigungseinrichtung hergestellt werden sollen, erforderlich, vielfältige Halterungen herzustellen. Bei der Zunahme der Karosserievielfalt in der Autoindustrie ist es offensichtlich, daß derartige Versuche beträchtliche Kostenfolgen für Automobilhersteller in vielfacher Hinsicht haben:

- Anfängliche Investitionen in vielfältig einsetzbare Halterungen.
- Außergewöhnliche Anforderungen an Grundfläche zur Einrichtung vielfältiger Haltevorrichtungen, daher größere Kapitalinvestition in Anlagenbau und Einrichtungen.
- Erneuerungskosten für Haltevorrichtungen, wenn neue Modelle eingeführt werden.
- Große Anlagenkapazität und Verlust an Verkaufsmöglichkeiten, wenn sich die Marktanforderungen zwischen einzelnen Fahrzeugmodellen verschieben; wenn die große Kapazität für gering verkaufte Modelle nicht vollständig zur Herstellung von viel verkauften Modellen genutzt werden kann.
- Niedrigere Produktqualität, daher geringere Gewinne, wenn sich die Einstellung der Haltevorrichtungen im Betrieb verändert.
- Unflexibilität bei der Anpassung verschiedener Gestaltungsänderungen, die die Karosserieanordnungsmerkmale beeinträchtigen können, daher geringere Empfänglichkeit für Marktanforderungen und Verlust von Marktanteilen.

Der Stand der Technik tendiert generell zur sogenannten "festen Automatisierung" (hard automation). Nur eine geringe Anzahl von Werkzeugsystemen besitzt die Möglichkeit, an mehr als ein Blech angepaßt zu werden, wenn die Abweichungen zwischen verschiedenen Blechen geringfügig sind und keine kritischen Lagemerkmale des Werkzeugs betreffen. Gelegentlich kann das Werkzeug mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet sein, die an ein oder mehrere verschiedene Bleche angepaßt werden können, dies trägt jedoch zur Komplexität, zu den Kosten und zu der Größe des Werkzeugs bei. Ebenso mindert es dessen Verlässlichkeit. Ein Beispiel wird in dem US-Patent Nr. 4,256,947 gezeigt.

Wegen dieser Unflexibilität in der Anwendung mußten bisher verwendete Haltevorrichtungen für feste Werkzeuge mit jedem Modell gewechselt werden. Dies führt zu einer langen Vorlaufzeit für die Einführung neuer Modelle, zu höheren Produktionskosten für das Automobil, zu einer langsamen Anpassung an Marktanforderungen nach neuen Gestaltungen und im allgemeinen zu einer ungünstigen Wettbewerbsstellung für die Autohersteller.

Weiterhin ist das feste Werkzeug bzw. die feste Ausrüstung Fehleinstellungen ausgesetzt, da sich die Halterungen



bei kontinuierlicher Verwendung und häufigen Schlägen auf die kraftschlüssig gehaltenen Halter verschieben. Das führt zu schlecht angeordneten Teilen und erfordert häufige Einstellungen. Da die Einstellungen durch Unterlegstücke und Klemmschrauben vorgenommen werden, ist dies ein langwieriges Verfahren, welches nicht präzise durchgeführt werden kann und zu Unstimmigkeiten der Werkzeuge und zu minderer Qualität der Produkte führt.

Im Stand der Technik wird gewöhnlich die Materialhandhabung manuell oder durch speziell dafür ausgebildete Materialhandhabungsmechanismen durchgeführt. Die Bleche werden manuell in die Haltevorrichtung eingelegt und erfordern oft das Zusammenwirken von zwei Personen, speziell bei schweren oder dünnen (biegsamen) Teilen, bei welchen eine Vielzahl von Auflagepunkten erforderlich ist. Dies ist ein langweiliger Vorgang, bei welchem die Produktqualität sich verringert, wenn die Leute müde werden und Bleche durch falsche Anordnung, Einbeulen und Verkratzen beschädigen. Speziell dafür vorgesehene Auflager- und Transfermechanismen sind in der Anwendung begrenzt, da sie permanent Platz belegen und gewöhnlich wegen der entgegenstehenden Platzbedürfnisse nicht zur Automatisierung aller anstehenden Vorgänge verwendet werden können. Die Kosten und Platzeinbußen in Verbindung mit der Automatisierung der Anordnung und des Transfers von kleinen Einzelteilen rechtfertigt für gewöhnlich diese Anwendung nicht. Deshalb ist eine solche Automatisierung normalerweise auf große und schwere Teile und Unterbaugruppen beschränkt. Aus diesem Grunde ist die Vollautomatisierung grundsätzlich im Stand der Technik nicht durchführbar.

Des weiteren offenbart die DE 36 20 536 C2 eine Anlage zum automatischen Einbau einer Tür oder einer ähnlichen Schließeinrichtung in eine entsprechende Türöffnung in einer Karosserie, insbesondere in einer Fahrzeugkarosserie, mit einer Stützvorrichtung zum stabilen Abstützen einer Fahrzeugkarosserie und einer Fördervorrichtung zum Heranfahren einer Tür in die Nähe der Türöffnung der Karosserie auf, wobei zwischen der Stützvorrichtung und der Fördervorrichtung eine bewegbare Meßvorrichtung zum Erfassen der Türöffnung und eine bewegbare Stellvorrichtung zum Abnehmen der Tür von der Fördervorrichtung und zum Einsetzen der Tür in die Türöffnung vorgesehen ist, und wobei ein Stellorgan vorgesehen ist, das die Meßvorrichtung zwischen einer Ruhe- und einer Arbeitsstellung in der Nähe der Türöffnung und die Stellvorrichtung zwischen zwei Arbeitsstellungen naher der Fördervorrichtung und der Türöffnung bewegt.

Bei dieser Anlage weist die Meßvorrichtung sechs Meßeinrichtungen zum Erfassen der Abmaße der Türöffnung und die Meß- und die Stellvorrichtung unter Zwischenschaltung eines Computers betrieblich miteinander verbunden sind, der Signale von der Meßvorrichtung aufnimmt, diese verarbeitet und an sechs Linear-Stellglieder der Stellvorrichtung weitergibt, auf. Bei dieser Anlage erfolgt somit eine Positionierung eines Bauteils in Bezug auf ein zuvor exakt positioniertes anderes Bauteil, wodurch die Flexibilität der Montage eingeschränkt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen in einer Montagestation zu schaffen, wobei die Bauteile weiterverarbeitet werden müssen oder als genau positionierte Einzelteile durch einen Materialverbindungs Vorgang z. B. durch mechanische Befestigungselemente, Klebverbindung, Materialverschmelzung, Schweißen (Punkt, Bogen, Laser, E-Draht (E-Beam)) miteinander verbunden werden, wobei die Positionierung der Bauteile möglichst geringen Beschränkungen unterliegt.

Ferner soll eine Anlage zur flexiblen Montage von Bau-

teilen geschaffen werden, die weiterverarbeitet werden müssen oder als genau positionierte Einzelteile durch einen Materialverbindungs Vorgang, z. B. durch mechanische Befestigungselemente, Klebverbindung, Materialverschmelzung, Schweißen (Punkt, Bogen, Laser, E-Draht (E-beam)) miteinander verbunden werden.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bzw. 15. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. Somit wird ein flexibles, allgemein verwendbares, modellunabhängiges Positionier- und Montagesystem beispielsweise zur Automobilkarosseriemontage geschaffen, wobei nach einem Ausführungsbeispiel jeder der programmierbaren Halter innerhalb seines Arbeitsbereichs vollständig unabhängig von jedem der anderen programmierbaren Halter bewegbar sein kann.

Mittels der erfindungsgemäßen Anlage kann in einer Montagestation ein Verfahren durchgeführt werden, das die folgenden Schritte umfaßt: (a) die Aufnahme und das Tragen eines Teils mit wenigstens einem kritischen Lagemerkmal mittels wenigstens einem der programmierbaren Halter in einer ungefähren Lage, die relativ zu dem wenigstens einen kritischen Lagemerkmal des Bauteils definierbar ist; (b) die Einstellung der tatsächlichen Lage des Bauteils innerhalb des Arbeitsbereichs seines wenigstens einen programmierbaren Halters durch die Ansteuerung dieses wenigstens einen programmierbaren Halters, um das Bauteil von der ungefähren Lage und der Steuerung eines Programms aus dem ersten Satz von Programmen so zu bewegen, daß das wenigstens eine kritische Lagemerkmal des Bauteils in der gewünschten Position angeordnet ist, so daß eine gewünschte Position für das Bauteil definiert ist; (c) das Festhalten des Bauteils in der gewünschten Position an einer Mehrzahl von Haltepunkten, wobei das Bauteil eine Position und Ausrichtung in der gewünschten Lage hat, die durch die Haltepunkte erzwungen ist; und (d) das Wiederholen der Schritte (a) bis (c) für jedes Bauteil der Baugruppe, wobei die Bauteile zwangsgehalten sind, um gegebenenfalls einer Bearbeitungsausrüstung die wenigstens teilweise Weiterverarbeitung der Bauteile zu ermöglichen, um die Baugruppe zu erhalten.

Die Vorteile der Anlage zur flexiblen Positionierung bzw. Montage der vorliegenden Erfindung sind zahlreich. Die Anlagen

- (1) sehen programmierbare Lage- und Auflagepunkte vor, die abhängig von der Größe, Höhe und anderen Merkmalen der aufzunehmenden, zu tragenden und zu unterstützenden Bauteile eingestellt werden können.
- (2) Nehmen das Bauteil innerhalb eines Raums auf, der hohe Toleranzen für Fehlansrichtung und falsche Anordnung bietet, und folglich die ungefähre Anordnung des Bauteils durch die Bauteilzulieferausrüstung, wie z. B. durch Roboter, ermöglicht.
- (3) Stellen das Bauteil genau in der gewünschten Lage ein, nachdem es in der ungefähren Lage aufgenommen wurde.
- (4) Erfassen die Lage der kritischen Lagemerkmale im Raum und übermitteln die notwendige Einstellung zu den Haltern. Dies versichert die genaue Anordnung der kritischen Lagemerkmale relativ zueinander und korrigiert Ungenauigkeiten der Teile, ohne ihre vorgesehene Funktion zu beeinträchtigen.
- (5) Klemmen oder legen jedes Bauteil in seiner gewünschten Position fest.
- (6) Ermöglichen der Bearbeitungsausrüstung ein teilweises Verbinden der Bauteile einer Baugruppe, z. B. durch Punktschweißen oder Kleben, und erhalten die

Maßhaltigkeit in Vorbereitung für weitere Bearbeitungsschritte und für den fertigen Zusammenbau durch andere Bearbeitungsausrüstung.

(7) Ermöglichen Bearbeitungsgerät sowie materialverbindende, lösende und befestigende Roboter die gewünschten Bearbeitungsschritte durchzuführen, während die montierten Bauteile genau positioniert sind.

(8) Ermöglichen die Integration von Bearbeitungsfunktionen in allgemeiner Ausrüstung, z. B. die Verwendung von Klemmspitzen zum Punktschweißen.

(9) Ermöglichen die Modularisierung des Herstellungsprozesses durch Integration der Haltevorrichtung zusammen mit Bearbeitungswerkzeug in einer Zelle. Die Herstellung in geringen Größenordnungen (low volume manufacturing) kann dann auf begrenzter Grundfläche durchgeführt werden.

(10) Ermöglichen Materialhandhabung von Bauteilen durch flexible Automatisierung z. B. mit Robotervorrichtungen. Schaffen deshalb die Möglichkeit der Vollautomatisierung des Herstellungsverfahrens mit allen damit verbundenen Vorteilen in Qualität, Beständigkeit und höhere Verlässlichkeit und höhere Auslastung (uptime) von Fertigungswegen.

(11) Ermöglichen die Modularisierung der Halteausrüstung, wobei die Halte- und Ausrichtvorrichtungen alle identisch sein können oder aus gleichen Teilen hergestellt sein können; reduzieren dadurch Kosten, steigern die Verlässlichkeit und ermöglichen die Verringerung von Wartung und Service.

(12) Können für verschiedene Teile (Bleche) neu konfiguriert werden und können von einem zum nächsten Automobilmodelljahr oder von einer zur anderen Anlage verwendet werden. Für neue Modelle kann sich lediglich die räumliche Anordnung der Module auf einer Plattform ändern, um der neuen Modellgeometrie angepaßt zu werden.

Somit erreicht man Verbesserungen bezüglich:

- Flexibilität (z. B. Anpassen an verschiedene Karosseriegrößen, laufende Designänderungen und Modelländerungen);
- Wirtschaftlichkeit (z. B. vorteilhafte Kosteneinsparungen im Vergleich zu gängigen festen Automatisierungssystemen, abgesehen von den zusätzlichen Vorteilen der Modellunabhängigkeit und der Verwendbarkeit während laufender Modelländerungen);
- Effizienz (z. B. hält Werkzeuge aus der kritischen Planung bei neuen Modelleinführungsprogrammen heraus, erlaubt deshalb eine schnellere Einführung neuer Modelle auf dem Markt und eine schnelle Umrüstung der Werkzeuge bei Programmänderungen anstelle von Geräteherstellung);
- Genauigkeit (bietet Verbesserungen der Werkzeuggenauigkeit und Werkzeugkonsistenz durch Programmierbarkeit und anpaßbare Einstellung und ist weniger abhängig von menschlicher Beurteilung);
- Beständigkeit (z. B. plaziert die Einzelteile immer in die gewünschte Lage ohne manuelle Einstellung, korrigieren mittels Ausgleichsstücken, Klemmen etc.; die Lagepunkte verändern sich nicht mit häufiger Benutzung);
- Automatisierbarkeit (z. B. erlaubt die Automatisierung von allen Vorgängen im Zusammenhang mit der Montage von Kraftfahrzeugkarosserien sowie Materialhandhabung von großen und kleinen Einzelteilen sowie die Blechanordnung, Ausrichten, Klemmen und Verbinden).

Die o. g. und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung des besten Ausführungsbeispiels der Erfindung im Zusammenhang mit den Zeichnungen verdeutlicht:

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Radkastens und einer vierteiligen inneren Blechunterbaugruppe, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und System zusammengebaut werden kann;

Fig. 2 ist eine schematische Oberansicht einer erfindungsgemäßen Montageplattform;

Fig. 3 ist eine schematische Ansicht, die die Lage eines Grundbauteils darstellt;

Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht, die eine zweite Sekundärbauteilanordnung bezüglich des Grundbauteils darstellt;

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht, die die zweite Sekundärbauteilanordnung bezüglich des Grundbauteils und ersten Zweitbauteils darstellt;

Fig. 6 ist eine schematische Ansicht der Anordnung eines dritten Sekundärbauteils bezüglich des Grundbauteils und des ersten und zweiten Zweitbauteils;

Fig. 7 ist eine schematische Darstellung ähnlich der Fig. 3, in welcher besondere Typen von programmierbaren Haltern gezeigt sind;

Fig. 8 ist eine Schnittansicht entlang der Linien 8-8 in Fig. 7;

Fig. 9 zeigt ein Blockdiagramm einer Sequenz von Bearbeitungsschritten nach der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 zeigt ein Blockdiagramm einer Reihe von Bearbeitungsschritten gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 11 zeigt ein Blockdiagramm einer Bearbeitungssequenz gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 zeigt ein Blockdiagramm einer Reihe von Bearbeitungsschritten gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 zeigt eine schematische Ansicht zweier Zellen mit deren Steuerung, die die Erfindung darstellen und

Fig. 14 zeigt ein Flußdiagramm, welches die Montagefolge einer Kraftfahrzeugkarosserie unter Verwendung der Erfindung darstellt.

Das Verfahren und System der vorliegenden Erfindung wird nachstehend im Rahmen seiner Anwendung anhand der Montage eines typischen Radkastens und einer vierteiligen inneren Blechunterbaugruppe in einer typischen Kraftfahrzeugkarosserie beschrieben. Die Erfindung ist jedoch so zu verstehen, daß das Verfahren und das System zur Montage einer Vielzahl von Baugruppen verwendet werden kann, welche wiederum in anderen Baugruppen montiert werden können.

Die Elemente der Unterbaugruppe sind in Fig. 1 gezeigt. Ein inneres Blechviertel, QIP 1, soll positioniert und mit drei anderen Bauteilen, einer inneren Verschlusssäule (Lock Pillar Inner (LPI 2)), einem inneren oberen Viertel, QIU 3, und einer inneren/äußeren Radkastenunterbaugruppe, WIO 4, permanent verbunden werden. Dieses Beispiels ist gewählt worden, um zu zeigen, daß das Verfahren sowohl für die Montage von Blechen zu Unterbaugruppen als auch für die Montage untereinander verschiedener Bleche, konstruktiver Bauteile und Unterbaugruppen in größeren Unterbaugruppen anwendbar ist. In ähnlicher Weise kann das Verfahren zur Montage von Unterbaugruppen (als Bauteile) in der Fertigmontage der Karosserie verwendet werden.

Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, umfassen das Verfahren und

das System die Verwendung von programmierbaren Haltern 20 bis 28. Diese Halter sind als Roboter arbeitende Träger-  
vorrichtungen, die unter Steuerung eines ersten Satzes von  
Steuerprogrammen an spezielle zur Aufnahme und Position-  
ierung von mechanischen Bauteilen oder Blechen geeig-  
nete Punkten positioniert werden können. Die Halter sind  
auf einer Plattform 14 an einer Montagestation innerhalb einer  
Kraftfahrzeugmontageanlage montiert. Die Position der  
Halter wird so gewählt, daß die Bauteile einer Baugruppe  
auf wenigstens drei Auflagepunkten montiert werden kön-  
nen, wobei die Auflagepunkte durch die Halter gebildet wer-  
den. Die Halter sind in der Lage, diese drei Auflagepunkte  
innerhalb eines definierten Arbeitsbereichs zu positionieren,  
wobei dieser Arbeitsbereich die Reichweite eines jeden Ro-  
bterhalters darstellt und diesen erlaubt, Bleche und Bau-  
teile verschiedener Größen und Konfigurationen aufzuneh-  
men. Einige Halter können mit Klammern bestückt sein, um  
die Bauteile in ihrer genauen Position für den folgenden  
Verbindungsvorgang festzulegen.

Der Montagevorgang unter Verwendung des erfindungs-  
gemäßen Verfahrens erfordert das Anordnen der Kompo-  
nenten der Unterbaugruppe in einer Reihenfolge, bei wel-  
cher ein Bauteil, das Grundbauteil, zuerst positioniert, ge-  
nau ausgerichtet und festgeklemt wird. Andere Bauteile  
oder Sekundärbauteile werden dann der Reihe nach bezüg-  
lich des Grundbauteils und relativ zueinander positioniert,  
ausgerichtet und festgeklemt, bis die fertige Baugruppe  
vollständig ist. Diese Baugruppe wird dann durch Bearbei-  
tungsgerät, wie z. B. Roboter, weiterverarbeitet, um diese  
permanent miteinander zu verbinden. Dies kann z. B. durch  
Punktschweißen oder Kleben erfolgen. Die Verarbeitung  
kann teilweise oder ganz an der Montagestation erfolgen,  
oder die Plattform mit den ausgerichteten und gesicherten  
Bauteilen kann zu einer Bearbeitungsstation bewegt wer-  
den. Wenn die Bauteile an der Montagestation miteinander  
verbunden werden, können einige Halter gelöst und neu aus-  
gerichtet werden, um zusätzliche Bauteile aufzunehmen,  
wodurch die Ausnutzung der Halter verbessert wird.

Fig. 3 zeigt das Grundbauteil, das QIP 1, der Radkasten-  
unterbaugruppe, das auf den Halter 20, 21 und 22 angeord-  
net ist. Fig. 4 zeigt ein Sekundärbauteil, das LPI 2, das be-  
züglich des Grundbauteils durch programmierbare Halter 23  
und 24 mit Hilfe eines gesonderten Auflagepunkts, der  
durch das Zusammenstecken von dem LPI 1 mit dem QIP 1  
erhältlich ist, ausgerichtet ist. Die Fig. 5 und 6 zeigen andere  
Sekundärbauteile der Radkastenunterbaugruppe, das QIU 3  
und das WIO 4, die von den programmierbaren automati-  
schen Haltern 25, 26 und 27 aufgenommen werden und be-  
züglich des QIP 1 relativ zueinander ausgerichtet werden.

Die programmierten Halter sind nicht auf das Schaffen  
nur eines Auflagepunkts beschränkt. Endeinrichtungen wie  
z. B. Greifer können von jedem Halter getragen werden und  
so ausgebildet sein, daß sie das Werkstück (das Blech) in  
sechs Freiheitsgraden voll tragen und festlegen können.

Das folgende sind spezielle Betrachtungen, die für jeden  
Schritt der Ausrichtungs- und Bearbeitungsfolge anwendbar  
sind:

#### Aufnahme und Groborientierung des Grundbauteils

Die Ausrichtung und Groborientierung des Grundbauteils  
ist aus den Fig. 7 und 8 ersichtlich. Ein Bauteil, vorzugs-  
weise das schwerste oder in der Genauigkeit, Funktionalität  
oder Integrität kritischste Bauteil kann für die Baugruppe als  
Grundbauteil ausgesucht werden. Andere Bauteile der Un-  
terbaugruppe werden normalerweise auf das Grundbauteil  
bezogen oder an diesem befestigt. In dem vorliegenden Bei-  
spiel ist das Grundbauteil, Blech 1, auf wenigstens einem

der drei Halter 5, 6 und 7 angeordnet. Die Halter 5, 6 und 7  
sind hier verschieden von denen der Fig. 2 dargestellt, um  
andere Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfin-  
dung zu zeigen. Die drei Aufnahmehalter 5, 6 und 7 müßten  
eine stabile Auflage für das Blech 1 bilden, wenn jeder einen  
Auflagepunkt bildet. Weniger Halter können ebenfalls er-  
wünscht sein, wenn jeder von diesen eine Auflagefläche  
oder Linie anstelle eines Punktes für das Blech 1 bietet.

Das Grundbauteil wird entweder manuell oder durch au-  
tomatische Materialhandhabungseinrichtungen, wie z. B.  
Roboter, der Plattform 14 zugeführt. Diese Zuführung kann  
zunächst eine Grobausrichtung des Grundblechs 1 sein. Die  
Halter 5, 6 und 7 können auch das Blech 1 aufnehmen und  
mit Mitteln versehen sein, um dessen Bereitstellung in eine  
besser definierte Position zu lenken. Die Führung des Blechs  
1 kann zwangsweise durch einen abgeschrägten Stift erfol-  
gen, der in einem Loch geführt ist, wie dies für den Halter 5  
dargestellt ist; oder dadurch, daß der Halter 6 mit einer abge-  
schrägten Führungsfläche 11 zur Zwangsführung der Seiten-  
kanten des Blechs 1 versehen ist.

Während für einige Anwendungen die Halter 5, 6 und 7  
fest stehen können, kann für andere Anwendungen wün-  
schenswert sein, diese an eine komplexe Bauteilgeometrie  
anzupassen. Positionierbare Halter können servoangetrie-  
ben sein und fortlaufend programmierbar sein oder diskret  
an einer begrenzten Anzahl von bekannten Positionen posi-  
tioniert werden, z. B. durch pneumatische Zylinder. Obwohl  
einige Halter zur Einstellung mehrere Freiheitsgrade benöti-  
gen, können andere, insbesondere Auflagehalter, nur in ei-  
ner Richtung, z. B. in der Höhe, einstellbar sein.

Fig. 7 zeigt verschiedene Arten von programmierbaren  
Haltern. Der mit 6 bezeichnete Halter hat eine Gelenkarm-  
konstruktion, die drei Drehfreiheitsgrade bietet, während  
der Halter 7 zwei lineare Bewegungen und eine Drehbewe-  
gung durchführen kann.

Fig. 8 zeigt das in der Z-Richtung eine zusätzliche Line-  
arbewegung für jeden der Halter 5, 6 und 7 vorgesehen sein  
kann. Es ist klar, daß die mechanische Konstruktion der Hal-  
ter 5, 6 und 7 jede Konfiguration aufweisen kann, so lange  
die notwendigen Bewegungsfreiheitsgrade vorhanden sind.

#### Feinausrichtung und Festklemmen des Grundbauteils

Nachdem das Grundbauteil 1 auf den Haltern 5, 6 und 7  
gelagert und grob ausgerichtet worden ist, stellen die pro-  
grammierbaren Halter 6 und 7 das Blech entlang vorbe-  
stimmter Wege unter Kontrolle der Steuerprogramme ein  
und ergreifen das Blech 1 jeweils an Haltepunkten wie 6 und  
7. Hier ist vorausgesetzt, daß der Halter 5 als ein fester Be-  
zugspunkt dient und unterhalb seines abgeschrägten Endes  
genau in ein maßhaltiges Loch eingepaßt ist. Die Halter  
können jedoch auch in der vertikalen Richtung program-  
mierbar sein. Die Steuerprogramme sind entsprechend der  
Größe und Konfiguration des Blechs 1 ausgesucht. Die Be-  
wegungsbahnen ermöglichen den Haltern 6 und 7, das Blech  
1 sanft in die gewünschte genaue Position zu bewegen.

Es müssen sechs Kontaktpunkte berührt werden, um die  
Anordnung und Orientierung des Blechs 1 einmalig zu defi-  
nieren, wenn es von den Haltern 6 und 7 in drei Freiheits-  
graden versetzt wird. Wenn das Blech einmal in der gewünsch-  
ten genauen Position angeordnet ist, werden die Klemmen 8  
aktiviert, um das Blech in dieser Position festzulegen. Die  
Klemmen können unabhängig voneinander positioniert wer-  
den oder in den ortsfesten Halter 5 oder die programmierba-  
ren Halter 6 und 7 integriert sein.

Eine andere Lösung sieht vor, daß die Halter 5, 6 und 7  
das Blech in seiner groben Position festklemmen, seine kri-  
tischen Lagemerkmale aufnehmen und dann das Blech zu-



sammenwirkend in die gewünschte Position bewegen, so daß die kritischen Lagemerkmale exakt in ihrer gewünschten Position angeordnet sind. Es versteht sich von selbst, daß die Algorithmen des Steuerungsprogramms in bekannter Art und Weise aus der gewünschten Bewegung der kritischen Lagemerkmale so abgeleitet werden können, wie sie sich mathematisch zwangsläufig aus der Form des Bauteils ergeben.

Die Klemmen können derart aus zwei einfach zueinander parallelen Backen gebildet sein oder können auch speziell geformte Backen aufweisen, wie es für die Klemme 8 in Fig. 8 gezeigt ist, um an spezielle Blechcharakteristiken anpaßbar zu sein, ohne die Flexibilität oder Modularität des Systems zu beeinträchtigen. Wenn eine solche Flexibilität nicht erzielt werden kann, können die programmierbaren Klemmen/Halter mit abnehmbaren Backen bestückt sein, wie dies von automatisierten Anwendungen mit automatischen Handwechslern bekannt ist. Für diesen Fall kann ein Gestell (nicht gezeigt) in der Nähe der programmierbaren Klemme vorgesehen sein, auf welchem die Backen in den gewünschten Formen montiert sind. Die Backen können mit speziellen Schnellwechselvorrichtungen versehen sein, die das Anbringen und Abnehmen von der programmierbaren Klemmvorrichtung unter Programmsteuerung ermöglichen.

Die Funktionen der Groborientierung, der Aufnahme und der Feinausrichtung und des Klemmens können in einer Vorrichtung kombiniert werden. Zum Beispiel ist die programmierbare Klemme/Halter 6 aus Fig. 8 mit einer abgeschrägten Oberfläche 11 zur Führung des Blechs 1 in eine grobe Position vorgesehen. Der Halter 6 dient ebenso als Auflager für das Blech 1 und ist mit Klemmbacken 8 versehen und ferner programmierbar, um exaktes Anordnen und Klemmen zu ermöglichen. Für einige Anwendungen kann jedoch die Trennung dieser Funktionen erwünscht sein, insbesondere wenn die Flexibilität der Herstellung die Verwendung von festen Auflagern ermöglicht.

Ein festes Auflager, sowie der Halter 5, kann als allgemeiner Bezug für alle Halter auf der Plattform 14 verwendet werden, obwohl dieser auch in der Höhe verstellbar sein kann, um eine Anpassung an verschiedene Blechgeometrien zu ermöglichen, ohne den Status als allgemeine Bezugspunkt zu verlieren.

Alle Halter, Auflager und Klemmen sind auf der festen Plattform 14, die einen gemeinsamen Koordinatenbezugsrahmen X, Y, Z für alle Vorrichtungen bildet, montiert. Das Grundbauteil wird durch die Halter 5, 6 und 7 an mindestens sechs Punkten zwangsgeführt. Mit entsprechender räumlicher Unterteilung zwischen den Haltern 5, 6 und 7 werden gemeinschaftlich alle sechs Freiheitsgrade des Blechs erzwungen.

#### Sekundärbauteilanordnung

Wenn das Grundbauteil positioniert und festgeklemmt ist, können die anderen Bauteile auf ähnlich eingerichteten Haltern, wie sie mit Hinblick auf die Fig. 2, 3, 4 und 6 beschrieben worden sind, angeordnet werden. Die Halter sind darauf programmiert, einen hohen Genauigkeitsgrad für die Ausrichtung der Bauteile relativ zueinander zu halten. Dies ist durch genaues Kalibrieren während der anfänglichen Einrichtung der Halter und durch die Verwendung des gemeinsamen Bezugsrahmens gewährleistet. Eine höhere Genauigkeit und Beständigkeit kann jedoch dadurch erreicht werden, daß ein Satz von Lagesensoren 13, wie in den Fig. 7 und 8 gezeigt ist, vorgesehen ist. Die Sensoren 13 messen und bestimmen die Anordnung sowohl des Grundbauteils als auch der Sekundärbauteile bezüglich des gemeinsamen Koordinatenbezugsrahmens der Plattform 14. Es ist an sich

bekannt, die Daten der Sensoren einer Mikroprozessorsteuerung zuzuführen, welche wiederum die notwendige Ausrichtungseinstellung für jeden Halter vornimmt, um das Bauteil in die gewünschte Position auszurichten. Die eingestellten Lagen werden dann den Steuerelementen der programmierbaren Halter als Bewegungsbefehle für die gewünschte genaue Lage zugeführt. Die Sensoranzeige wird als Feedback-Signal zur Überprüfung der exakten Lage der Bauteile verwendet. Die Sensoren 13 sind vorzugsweise so angeordnet, daß sie die kritischsten Lagemerkmale des Bauteils aufnehmen. Kritische Merkmale bestimmen gewöhnlich die Qualität der Fahrzeugmontage einschließlich Bauteilpassung, Anpassung der Gestaltungslinie, Koordination von Hauptausrichtungspunkten etc. Das Wahrnehmen und Festlegen der kritischen Lagemerkmale zueinander mit hoher Genauigkeit gewährleistet eine hohe Produktqualität. Obwohl eine Sechs-Punkt-Wahrnehmung für einige Bauteile notwendig sein kann, um alle möglichen Fehlorientierungen zu korrigieren, kann auch für andere Bauteile mit weniger kritischen Lagemerkmale nur ein einziger Sensor ausreichend sein.

Verschiedene Arten von Sensoren können für die Bestimmung der genauen Anordnung der Bauteile und die notwendigen Haltereinstellungen verwendet werden. Zum Beispiel können Näherungssensoren verwendet werden, da diese einfach und billig sind. Bildüberwachungskameras können strategisch verteilt sein, um kritische Merkmale auf den Bauteilen zu erfassen und deren Lage und Orientierung zu bestimmen. Diese Informationen kann dann den Steuereinstellungen der programmierbaren Halter zugeführt werden und deren Position kann entsprechend eingestellt werden. Das US-Patent Nr. 4,707,647, welches auf den Anmelder der vorliegenden Anmeldung übertragen wurde und hier in seiner Gesamtheit einbezogen ist, offenbart ein solches Bildverfahren und System. Die kritischen Lagemerkmale können auch, z. B. an einer Überwachungsstation, entfernt von der Montageplattform aufgenommen werden. Jede Abweichung von der gewünschten Lage des kritischen Lagemerkmals der fertigen Baugruppe kann in Form von digitalen Daten der programmierbaren Steuerung der Halter zugeführt werden, um infolge einer solchen Überwachung notwendige Einstellungen an den Unterbaugruppen vorzunehmen.

Im allgemeinen sind für jedes Bauteil drei programmierbare Halter erforderlich. Zwei Halter können für Sekundärbauteile, wie sie in Fig. 4 gezeigt sind, ausreichend sein, wenn diese in Berührung mit anderen bekannten Merkmalen angrenzender Bauteile angeordnet werden. Es ist üblich, zwischen benachbarten Bauteilen einer Baugruppe Steckflächen vorzusehen, die zwei zu einem Dritten Halter äquivalente Begrenzungspunkte bilden.

Es ist ersichtlich, daß dieses Positionsverfahren sich radikal von dem bekannten Stand der Technik unterscheidet, da es die Fähigkeit aufweist, an Variationen in der Geometrie und Anordnung der Teile angepaßt zu werden. Die programmierbaren Halter können von einer zentralen Steuerung innerhalb ihrer Reichweite in jede beliebige zur Aufnahme und Ausrichtung einer Vielzahl von Bauteilen geeignete Position bewegt werden. Diese können dann mit Programmen versehen werden, um sich in Richtung der gewünschten Lage der kritischen Lagemerkmale, wie sie von den Sensoren aufgenommen wurden, zu bewegen. Deshalb können die Halter sowohl Bauteile in einer gewünschten theoretischen Lage positionieren als auch geringfügige Abweichungen zwischen den Bauteilen anpassen, während sie eine optimale Lage für die wahrgenommenen kritischen Lagemerkmale einhalten.

Einmal ausgerichtet und festgeklemt, können die Unterbaugruppen, die Halter und die ganze Plattform zu einer Bearbeitungsstation mit Verbindungsgerätschaften, wie z. B. Robotern Stiftschweißpressen (stud welding presses) etc. bewegt werden, wo die Untergruppenbauteile permanent miteinander verbunden werden. Eine andere Möglichkeit ist die Installation von Bearbeitungsanlagen wie z. B. Robotern an der Montagestation, wo die Geräte in Gegenwart der programmierbaren Halter Zugang zu den zu schweißenden Stellen haben.

#### Vorbearbeitung

Bei einigen Vorgängen müssen mehrere Teile teilweise miteinander verbunden werden, bevor sie zur Endmontage einer Bearbeitungsstation zugeführt werden. Die Montagestation kann dann mit Robotern zur Materialverbindung ausgerüstet sein, die Schweißpunkte oder dergleichen anbringen, die die Bauteile in den gewählten Lagen festhalten. Es ist ebenfalls möglich, die zur Unterstützung dienenden Halter mit Bearbeitungswerkzeugen, wie z. B. Punktschweißspitzen, zu bestücken. In solchen Fällen können die Halter dort angeordnet sein, wo benachbarte Bauteile miteinander verbunden werden. Sie können auch mit rollenden Stützelementen versehen sein, um den Schweißgeräten das Abfahren der geschweißten Verbindungen zu ermöglichen. Wenn zwei benachbarte Bauteile einmal miteinander verbunden sind, sind nur noch drei Halter anstelle von sechs erforderlich, so daß drei Halter gelöst werden können, um für die Anordnung des nächsten Unterbauteils verwendet zu werden. Diese Lösung minimiert die Anzahl von an einer Montagestation benötigten Haltern und reduziert Kosten.

Bei einer anderen Bearbeitungsmöglichkeit kann vorgesehen sein, daß die programmierbaren Halter den Bearbeitungsgeräten kooperativ folgen oder diesen voreilen, um die Bauteile so nahe wie möglich an den Verbindungsstellen zu sichern, wodurch eine stabilere Unterstützung der Bauteile gewährleistet ist und der Bedarf nach einer Vielzahl von Haltern und Klemmen vermieden wird.

In einer ganz anderen Variation können die Auflagepunkte der Halter ein Element der Bearbeitungsausrüstung darstellen, welches sich kooperativ mit zusammen arbeitenden Elementen der Bearbeitungsausrüstung bewegt, um eine Auflage für die Bauteile zu schaffen und mit dem Verbindungsmedium an der Verbindungsstelle zu kommunizieren. Insbesondere beim Stiftschweißen (stud welding) kann ein Halter einen Auflagepunkt bieten und gleichzeitig als negative Elektrode für das Bearbeitungsgerät dienen, welches eine positive Elektrode bewegt und mit dem programmierbaren Halter zusammenwirkend den elektrischen Strom und die Schweißkraft aufbringt.

Kleine Teile eignen sich auch für einen anderen Vorbearbeitungsvorgang. Anstelle die kleinen Teile nach Platzierung und Festklemmen miteinander zu verbinden, ermöglicht die Erfindung das genaue Anordnen der Teile durch einen Materialhandhabungsroboter und das anschließende Verbinden durch einen Bearbeitungsroboter, z. B. durch Punktschweißen an der Montagestation. Der Verbindungsvorgang kann vollständig oder teilweise abhängig von der an einer Station zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeit durchgeführt werden. Bei teilweiser Durchführung wird der Vorgang dann in der folgenden Endbearbeitungsstation vervollständigt. Bei dieser Lösung werden programmierbare Klemmaufnahmen vermieden und deren Funktion wird durch die exakten Plaziermöglichkeiten des Materialhandhabungsroboters ersetzt.

Die Unterbaugruppenteile können dem Montagesystem manuell oder vorzugsweise durch automatische Materialhandhabungsmittel zugeführt werden. Für Flexibilität und Kompatibilität sind zur Blech- und Bauteilhandhabung am besten automatisierte Vorrichtungen geeignet, die in Übereinstimmung mit dem programmierbaren Werkzeug programmiert werden können. Förderer können dazu verwendet werden, die Bauteile und Bleche zu der Montagestation zu bringen, Stapel von Teilen können durch Gabelstapler, automatisch gelenkte Fahrzeuge und dergleichen zu der Montagestation gebracht werden; oder die Teile können in Behältern und Körben zur manuellen Bereitstellung und Handhabung gebracht werden. Die Teile können dann von dem Ort, wo sie bereitgestellt worden sind, angehoben und auf den Montagehaltern angeordnet werden. Wenn die Teile nicht ordentlich geliefert werden, können visuelle Systeme dazu verwendet werden, die Robotervorrichtungen in vordefinierte Greifpositionen zu lenken oder es kann Handarbeit eingesetzt werden.

#### Unterbaugruppenanlieferung

Wenn alle Unterbauteile mit dem Grundbauteil oder miteinander verbunden worden sind, kann die zusammengesetzte Unterbaugruppe zu der nächsten Bearbeitungsstation als anderes Bauteil einer anderen Unterbaugruppe zu der nächsten Bearbeitungsstation bewegt werden, oder als fertige Fahrzeugkarosserie, wenn keine anderen Hauptunterbaugruppen zugefügt werden müssen. Die Unterbaugruppe kann durch einen Roboter oder andere automatisierte Vorrichtungen von der Halteplattform 14 abgenommen werden und auf einer Materialtransfervorrichtung, wie z. B. einem Förderer oder einem AVG, abgesetzt werden, um zu der nächsten Bearbeitungsstation transportiert zu werden. Die Unterbaugruppe kann zum Transport zur nächsten Station auf anderen Haltevorrichtungen angeordnet sein. Bei einigen Vorgängen kann es notwendig sein, die Unterbaugruppe in ihrer festgeklemtten Lage zu halten, insbesondere, wenn diese als Grundbauteil für den nächsten Montagevorgang dient. In diesem Fall kann die gesamte Plattform 14 mit den Haltern und der Unterbaugruppe der nächsten Station zugeführt werden und anschließend zurückgeführt werden, wenn die Unterbaugruppe abgenommen wurde.

Es sollte angemerkt werden, daß; obwohl dieses Verfahren eine äquivalente Anzahl von Auflager- und Klemmpunkten für individuelle Bauteile verwendet, die verwendete Gesamtanzahl beachtlich geringer sein kann, da die Klemmvorrichtungen nicht bei jeder Unterbaugruppe bleiben müssen, wenn diese von einer Montagestation zu der nächsten bewegt wird oder wenn die Unterbaugruppe von der Montagestation zu der Endbearbeitungsstation bewegt wird. Mit der Verwendung von Sensoren kann zusätzlich die Anzahl der Haltepunkte minimiert werden, da die kritischen Lagemerkmale ohne Bedarf für überzählige Halter erhalten bleiben, wie dies bei festen Haltevorrichtungen der Fall ist.

#### Alternativen der Bearbeitungsreihenfolge

Für die Abfolge von Positionier- und Verbindungsvorgängen stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Einige dieser Möglichkeiten sind nachstehend als Alternativen # 1, # 2, # 3 und # 4 beschrieben und in den Fig. 9, 10, 11 und 12 jeweils dargestellt.

## Alternative # 1: Plattformtransfer

Die Untergruppenbauteile werden in der Montagestation auf den programmierbaren Haltern angeordnet und festgeklemmt. Die Halter werden auf einer Plattform montiert, die dann einer anderen Station zur Bearbeitung zugeführt wird. Die integrierte Unterbaugruppe wird dann von der Montageplattform 14 zum Weitertransport zur nächsten Montagestation entfernt. Die Montageplattform 14 wird zu der Montagestation zurückgeführt, um den nächsten Bauteilsatz aufzunehmen. Doppelte Plattformen würden die gemeinsame Verwendung von Montage- und Bearbeitungsausrüstung erlauben.

## Alternative # 2: Unterbaugruppentransfer

Bei dieser Lösung wird die Unterbaugruppe vorbearbeitet, um ihre Bauteile an Stellen miteinander zu verbinden, die nur geeignet sind, den Zusammenhalt während des Transfers zu der Endbearbeitungsstation aufrechtzuerhalten. Die Montageplattform 14 bleibt ortsfest, während die teilweise bearbeitete Unterbaugruppe der Endbearbeitungsstation zugeführt wird. Diese Lösung vermeidet den Aufwand und die Kosten im Zusammenhang mit einem Transfermechanismus für die schwere und komplexe Montageplattform 14. Jedoch wird etwas mehr Verarbeitungsgerät an der Montagestation benötigt und die Positionier- und Klemmerfordernisse in der Bearbeitungsstation werden verringert. Die Montage- und Bearbeitungsausrüstung wird zusammenwirkend verwendet.

## Alternative # 3: Einzelstationslösung

Die Vorgänge der Bauteilanordnung, des Klemmens und Verbindens werden alle in einer Station durchgeführt. Diese Lösung ermöglicht das zusammenwirkende Betreiben von Anordnungs- und Bearbeitungsgerät, es ist jedoch wahrscheinlich, daß eine geringere Produktivität erzielt wird als bei der Anordnung von mehreren Stationen. Jedoch sind die Ausrüstungskosten geringer und können verdoppelt werden, um die Produktion zu steigern.

## Alternative # 4: Parallelbearbeitung

Bei dieser Lösung werden zwei Stationen identisch wie bei der Einzelstationslösung betrieben (Alternative # 3). Die Anordnungs- und Bearbeitungsvorrichtungen und Roboter wechseln zwischen Stationen, die innerhalb ihres gemeinsamen Arbeitsbereichs angeordnet sind. Die Anordnungsvorrichtungen übergeben die fertigen Unterbaugruppen der Materialtransferausrüstung, wie z. B. AVG's, Förderer etc.

In Fig. 13 ist eine erweiterte Anwendung der Alternative # 4 gezeigt, wo die AVG's die Bauteile zu den Montagestationen bringen und die fertigen Unterbaugruppen von der Bearbeitungsstation aufnehmen. Die Bauteile können in Stapeln, Magazinen, Paletten etc. der Montagestation zugeführt werden. Entweder der Transfermechanismus oder ein Materialhandhabungsroboter führen die Bauteile einem an die Montagestationen angrenzenden Bereitstellungsraum zu. Der Materialhandhabungsroboter platziert die Bauteile dann wahlweise auf der programmierbaren Halteplattform 14, wo sie genau ausgerichtet und festgeklemmt werden. Der Materialhandhabungsroboter bewegt sich dann, um die zweite Montagestation zu bestücken. Simultan bewegt sich ein Bearbeitungsroboter zu der ausgerichteten Unterbaugruppe, um alle ausgerichteten Bauteile zu verbinden. Wenn die Bearbeitung beendet ist, wird die Unterbaugruppe gelöst, von der Montageplattform entfernt und einem verfügbaren AVG

zur Überführung zu der nächsten Montage- oder Bearbeitungsstation übergeben. Der Materialhandhabungsroboter kehrt dann zurück, um die freie Montageplattform 14 mit neuen Teilen zu bestücken, während der Bearbeitungsroboter sich zu einer anderen Montage-/Bearbeitungsplattform bewegt.

Es ist üblich, daß die Steuereinrichtungen der Stationen sowohl miteinander und mit anderen Gerätesteuern als auch mit Computern anderer Anlagen kommunizieren können, um die Verfügbarkeit der benötigten Bauteile zu gewährleisten. Der pünktliche Transfer von dem Lagerbereich zu den Bearbeitungs- und Montageorten kann deshalb gewährleistet werden. Diese Lösung sichert die Kontinuität des Herstellungsvorgangs und die ununterbrochene Verwendung der Ausrüstung bei gleichzeitiger Minimierung der überschüssigen Wartezeiten. Wenn in dem Bereitstellungsbereich zu wenig Teile vorhanden sind, kann die Bereichsteuerung mit der Materiallagerungssteuerung anderer Bereiche der Anlage kommunizieren und die Anlieferung einer speziellen Art und Anzahl benötigter Bauteile anfordern. Dies wird gewöhnlich in der automatisierten Fertigung gemacht und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung. Es soll nur erwähnt sein, um die Integrationsmöglichkeiten des Verfahrens und Systems der vorliegenden Erfindung in die Technologie flexibler Herstellung aufzuzeigen.

Für die Alternative # 4 sind noch andere Variationen als hier beschrieben möglich. Zum Beispiel die Verwendung eines Drehtisches ermöglicht die Verwendung einer Seite als Montagestation, während die entgegengesetzte Seite als Bearbeitungsstation verwendet wird. Eine Drehung des Tisches um 180° kehrt die Funktion um und stellt dem Bearbeitungsroboter eine neu ausgerichtete Unterbaugruppe und dem Materialhandhabungsroboter eine fertiggestellte Unterbaugruppe zur Verfügung. Die Anordnung der Bauteile muß auch nicht in einer horizontalen Ebene erfolgen, obwohl eine Ebene mit einem horizontal angeordneten Bauteil wünschenswert ist, um die Schwerkraft für die Grobausrichtung vor dem Festklemmen auszunutzen.

Der Bereitstellungsbereich muß ebenfalls nicht von den AVG's unabhängig sein. Zum Beispiel kann das AVG als Bereitstellungsbereich verwendet werden, wodurch der Transfer der Bauteile von dem AVG zu dem Bereitstellungsbereich entfällt. Wenn die Teile auf dem AVG erschöpft sind, kann dieses sich wegbewegen und ein anderes mit den erforderlichen Bauteilen kann hereingebracht werden. Geeignete Fahrpläne und zeitgerechter Programmeinsatz würden es ermöglichen, die AVG's bei Bedarf anzufordern, um eine kontinuierliche Produktion aufrechtzuerhalten. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung kann deshalb angeordnet werden, so lange die Montagestationen programmierbar sind, um Variationen der Teile einzupassen und die genaue Ausrichtung und Bearbeitung der Teile ermöglichen.

## Abfolge der Karosseriemontage

Fig. 14 zeigt den Fortgang der Montage einer Kraftfahrzeugkarosserie aus ihren Einzelteilen nach der vorliegenden Erfindung. Die Grundbauteile werden zuerst zu Unterbaugruppen zusammengestellt. Die Unterbaugruppen werden dann sowohl mit anderen Unterbaugruppen als auch mit einzelnen Bauteilen kombiniert, um größere und komplexere Unterbaugruppen zu bilden. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis die letzten Unterbaugruppen und Bauteile zu der fertigen Fahrzeugkarosserie zusammengebaut worden sind.

Das Verfahren der vorliegenden Erfindung ist auf jedes Stadium des konventionellen Verfahrens nach Fig. 14 anwendbar, da es feste Haltevorrichtungen und feste Werk-

zeuge durch programmierbare Halter ersetzt, da es die flexible Materialhandhabung und Bearbeitungsausrüstung, sowie Roboter, in den Prozeß integriert und schließlich, da es die Ausrichtungs- und Bearbeitungsvorgänge mit den Variationen in Produktionsplänen und laufende Designänderungen koordiniert.

In jedem Stadium der Montagefolge einer Kraftfahrzeugkarosserie kann jede Montagestation angewiesen werden, einen verschiedenen Satz von Bauteilen aufzunehmen und mittels verschiedener Programme zu bearbeiten, so lange die Halter einen geeigneten Arbeitsbereich haben, um sich an neue Teile anzupassen. Mit Produktionsflexibilität in Automobilfertigungsanlagen in erster Linie für geringe Abweichungen zwischen einzelnen Modellen (z. B. innerhalb von Zentimetern) und der gleichen Montagefolge, ist es relativ leicht, den Arbeitsbereich der Halter an die große Vielzahl von Karosseriearten und -größen anzupassen. Der Prozeß ist deshalb flexibel genug, so daß die Anlage jederzeit von der Produktion eines Modells auf ein anderes umgestellt werden kann, wie das für bestimmte Marktanforderungen erforderlich ist.

Designänderungen können bequem angepaßt werden. Solche Änderungen können geänderte Blechanforderungen, Größen oder Materialien umfassen und erfordern verschiedene Ausrichtpunkte, was leicht durch Umprogrammierung zu bewerkstelligen ist. Diese Flexibilität ist mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und Systemen nicht erzielbar. Diese verursachen beachtliche Herstellungskosten, da sie teures Werkzeug wechseln müssen, um diese Möglichkeit zu bieten. Die Hersteller können sogar Marktanteile verlieren, wenn sie diese Flexibilität als zu teuer erachten.

Das hier beschriebene Verfahren und System der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die Montage von Kraftfahrzeugkarosserien beschränkt, die hauptsächlich aus Metallblech, Plastik oder Verbundwerkstoffen zusammengesetzt sind. Vielmehr erstreckt sich die Erfindung auf alle Montagevorgänge, die die Ausrichtung und Anordnung von einem oder mehreren Bauteilen einer Baugruppe, deren Festklemmen in einer genauen relativen Lage und deren dauerhaftes oder temporäres Verbinden durch Verbindungsvorgänge erfordern. Zum Beispiel ist die Erfindung sowohl auf die Montage von Motoren als auch auf bedruckte Schalttafeln anwendbar, so lange die Bauteile der Baugruppe zur genauen Ausrichtung und Festlegung zueinander auf programmierbaren Haltern angeordnet sind. Die Bauteile werden dann durch Befestigungselemente, Kleben, Schweißen etc. miteinander verbunden.

#### Patentansprüche

1. Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen (1-4) in einer Montagestation zur nachfolgenden Bildung einer Baugruppe, wobei jedes der Bauteile wenigstens ein kritisches Lagemerkmal und eine Vielzahl von Auflagepunkten aufweist, die relativ zu dem wenigstens einen kritischen Lagemerkmal definiert sind, wobei die Anlage folgendes umfaßt:  
eine Basis (14) mit einer Vielzahl von voneinander beabstandeten, auf der Basis angeordneten programmierbaren Haltern (6, 7 und 20-28), wobei jeder der programmierbaren Halter einen individuellen Arbeitsbereich aufweist und zur Aufnahme und zum Tragen wenigstens eines der Bauteile an einem seiner Auflagepunkte ausgebildet ist, wobei sämtliche der programmierbaren Halter an vordefinierten Stellen auf der Basis (14) befestigt und gehalten sind, Steuerungsmittel mit einem ersten Satz von Program-

men, wobei jeder der programmierbaren Halter sich unter Programmsteuerung innerhalb seines Arbeitsbereiches bewegt, um die Auflagepunkte des wenigstens einen Bauteils einzustellen, und

Fixierelemente zur Halterung jedes Bauteils an einer Vielzahl von Haltepunkten relativ zu der Basis, dadurch gekennzeichnet,

daß die programmierbaren Halter einen Koordinatenrahmen mit einem vorbestimmten Punkt als Bezugspunkt bilden bezüglich der Basis,

daß jedes der Bauteile von der Vielzahl der auf der Basis befestigten programmierbaren Halter in ihren jeweiligen Auflagepunkten zusammenwirkend getragen werden, und

daß die Auflagepunkte jeden Bauteils von ihren ursprünglichen Positionen durch zusammenwirkende Ausrichtung der Vielzahl von programmierbaren Haltern mittels des ersten Satzes von Programmen relativ zu dem Bezugspunkt des Koordinatenrahmens ausrichtbar sind, so daß das wenigstens eine kritische Lagemerkmal jeden Bauteils in einer gewünschten Stellung relativ zu dem Bezugspunkt des Koordinatenrahmens angeordnet ist und so eine gewünschte Stellung für jedes der anderen Bauteile definiert und daß die Bauteile in deren gewünschter Stellung mittels der Fixierelemente festgelegt sind.

2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Sensor (13) zur Erzeugung eines Lagesignals vorgesehen ist, welches die aktuelle Lage des wenigstens einen kritischen Lagemerkmals zumindest eines der Bauteile (1-4) in dem Basiskoordinatenrahmen aufnimmt und jeweils wenigstens ein Feedback-Signal erzeugt, das von den Steuerungsmitteln derart verarbeitet wird, daß dieses Bauteil (1-4) aufgrund des Lagesignals während der Einstellung in seine gewünschte Lage bewegt wird.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der Auflagepunkte für ein gegebenes Bauteil durch ein anderes Bauteil gebildet wird.

4. Anlage nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der programmierbaren Halter (20-28) wenigstens zwei Freiheitsgrade aufweist.

5. Anlage nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Halter (5) als Bezugspunkt vorgesehen ist.

6. Anlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter programmierbar ist.

7. Anlage nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsmittel einige der programmierbaren Halter synchronisieren, um die kritischen Lagemerkmale des aufgenommenen Bauteils während der Einstellung der Auflagepunkte gemeinsam zu versetzen.

8. Anlage nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der programmierbaren Halter als Fixierelement ausgebildet ist.

9. Anlage nach einem der Ansprüche 2-8, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Sensor (13) auf dem programmierbaren Halter angeordnet ist, der eines der Bauteile bewegt.

10. Anlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Sensor (13) eine auf dem programmierbaren Halter angeordnete Kamera ist.

11. Anlage nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der programmierbaren Halter ein Materialhandhabungsroboter ist.

12. Anlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,

net, daß der Materialhandhabungsroboter Mittel zur Lagerung wenigstens eines der Bauteile innerhalb seines Arbeitsbereichs aufweist und daß der Roboter das wenigstens eine der Bauteile in die Lage des ursprünglichen Auflagepunktes lädt.

13. Anlage nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß die Basis (14) ein trapezoidförmiger Drehtisch ist.

14. Anlage nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsmittel einen zweiten, von dem ersten Satz verschiedenen Satz von Programmen aufweisen und daß die Steuerungsmittel Mittel zur Auswahl eines der beiden Sätze von Programmen aufweisen, so daß die Vielzahl von programmierbaren Haltern ihre Bauteile unter Steuerung eines ausgewählten Satzes aus dem ersten und zweiten Satz von Programmen bewegt.

15. Anlage zur flexiblen Montage von Bauteilen (1-4) zu einer Baugruppe, wobei eine Montagestation mit einer Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen sowie Bearbeitungsmittel für das zumindest teilweise Verbinden der Bauteile vorgesehen sind, während diese von Fixierelementen festgelegt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage zur flexiblen Positionierung von Bauteilen nach einem der Ansprüche 1-14 ausgeführt ist.

16. Anlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsmittel in einer Bearbeitungsstation angeordnet sind, die räumlich von der Montagestation beabstandet ist, und daß Mittel zur Bewegung der festgehaltenen Bauteile von der Montagestation zur Bearbeitungsstation vorgesehen sind.

17. Anlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsmittel in der Montagestation angeordnet sind.

18. Anlage nach einem der Ansprüche 15-17, dadurch gekennzeichnet, daß des weiteren Entladewerkzeuge zum Entladen der teilweise verbundenen Bauteile von der Basis vorgesehen sind.

19. Anlage nach einem der Ansprüche 15-18, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der programmierbaren Halter ausgebildet ist, sein Bauteil in der gewünschten Position an wenigstens einem seiner Haltepunkte sowohl zu halten als auch zu bearbeiten.

20. Anlage nach einem der Ansprüche 15-19, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsmittel die Fixierelemente dazu veranlassen, wenigstens eines der Bauteile an wenigstens einem der Vielzahl von Haltepunkten loszulassen, wobei die teilweise verbundenen Bauteile ihre gewünschten Positionen durch die übrige der Vielzahl von Haltepunkten beibehalten.

21. Anlage nach einem der Ansprüche 16-20, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsstation einen Bearbeitungsroboter umfaßt.

22. Anlage nach einem der Ansprüche 16-21, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Bewegen der verbundenen oder teilweise verbundenen Bauteile von der Bearbeitungsstation zu der nachfolgenden Station einen Materialhandhabungsroboter umfassen.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---



- Leerseite -

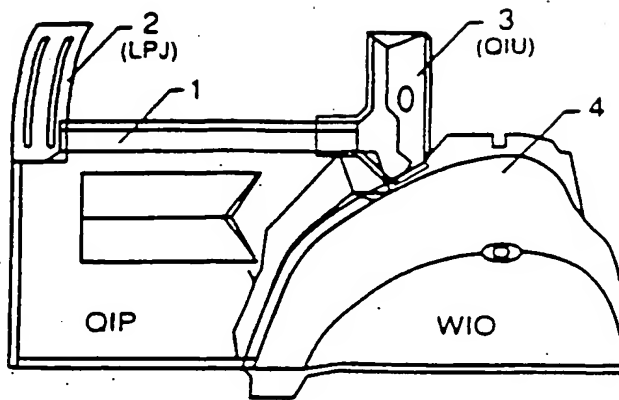


Fig. 1

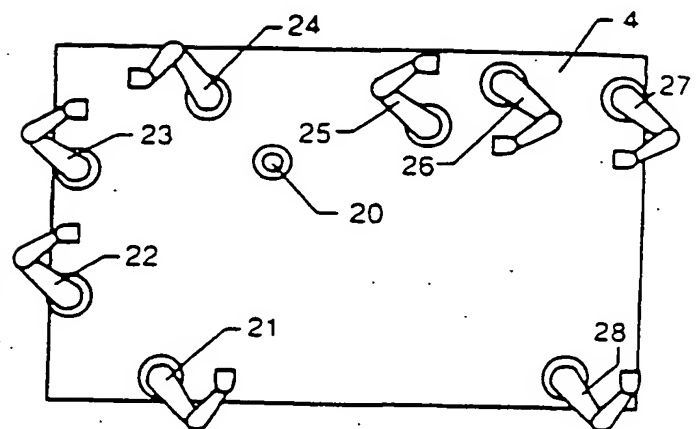


Fig. 2

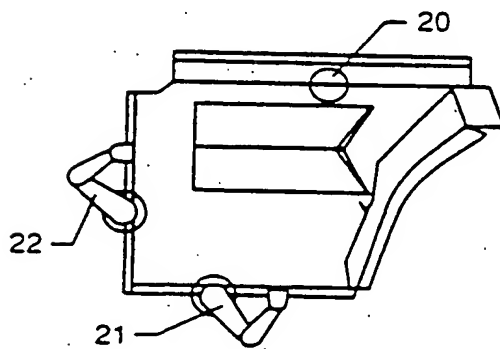


Fig. 3

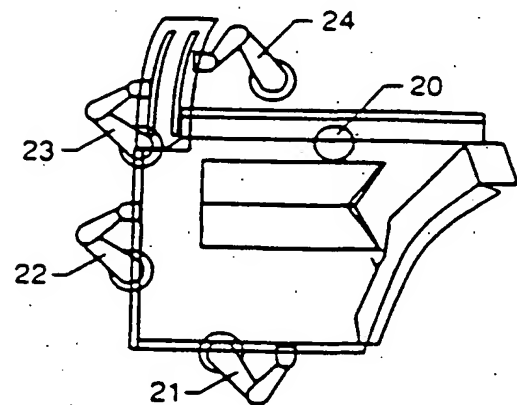


Fig. 4

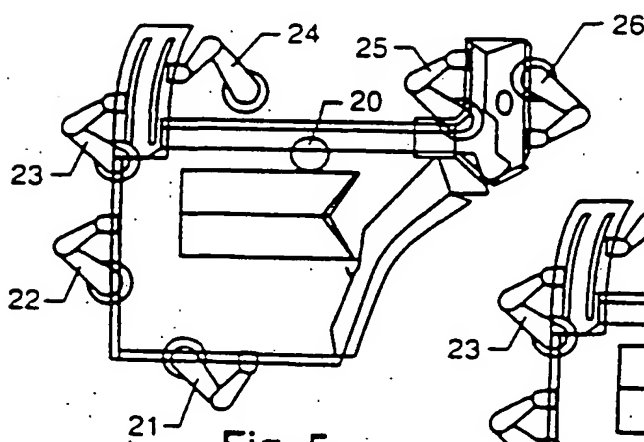


Fig. 5

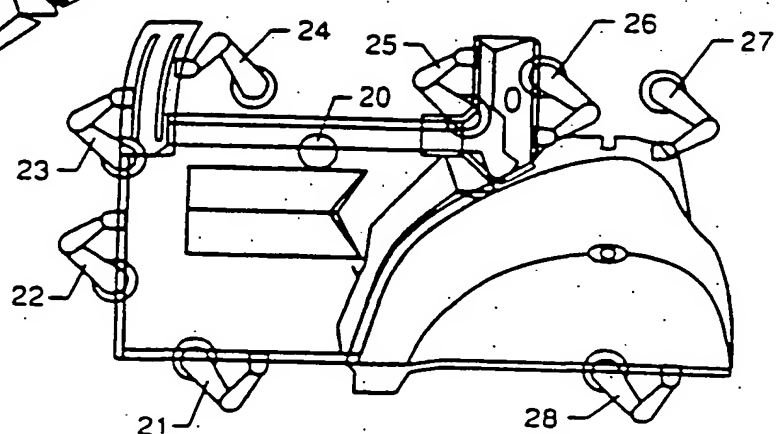


Fig. 6

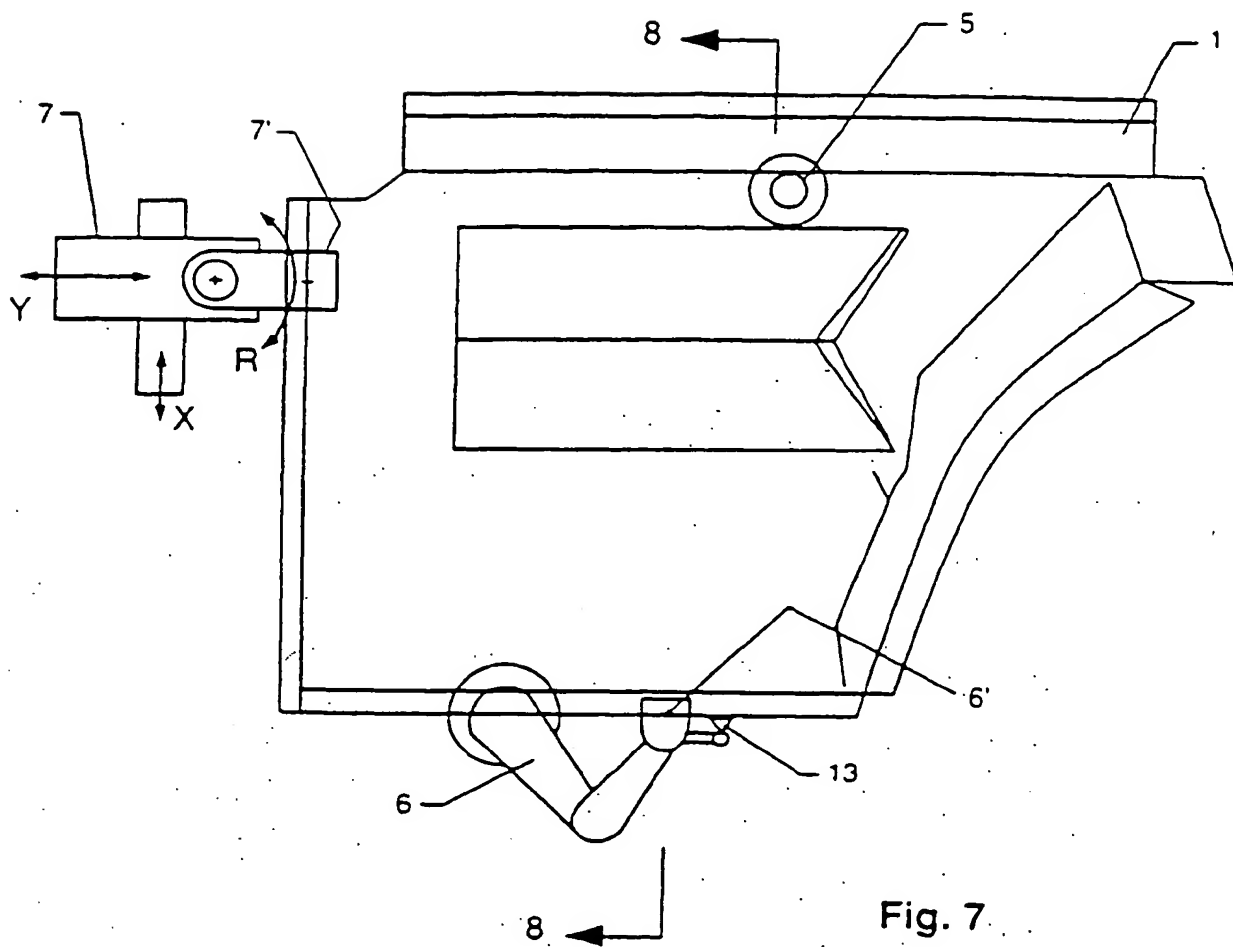


Fig. 7

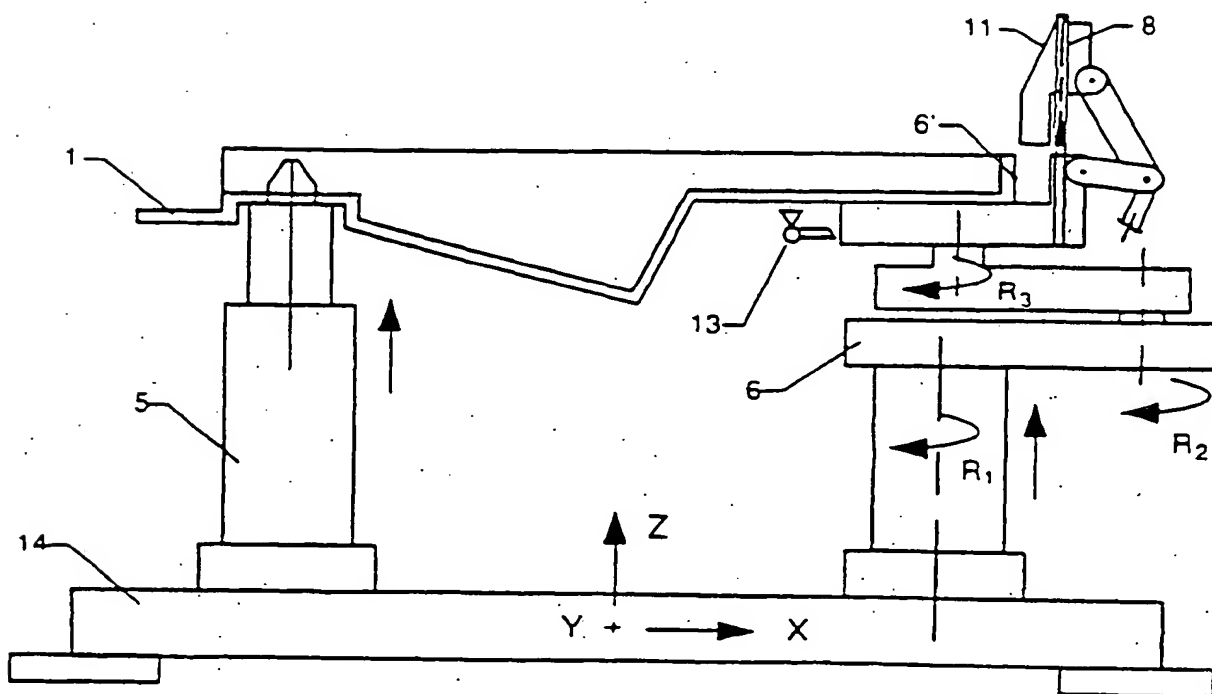


Fig. 8

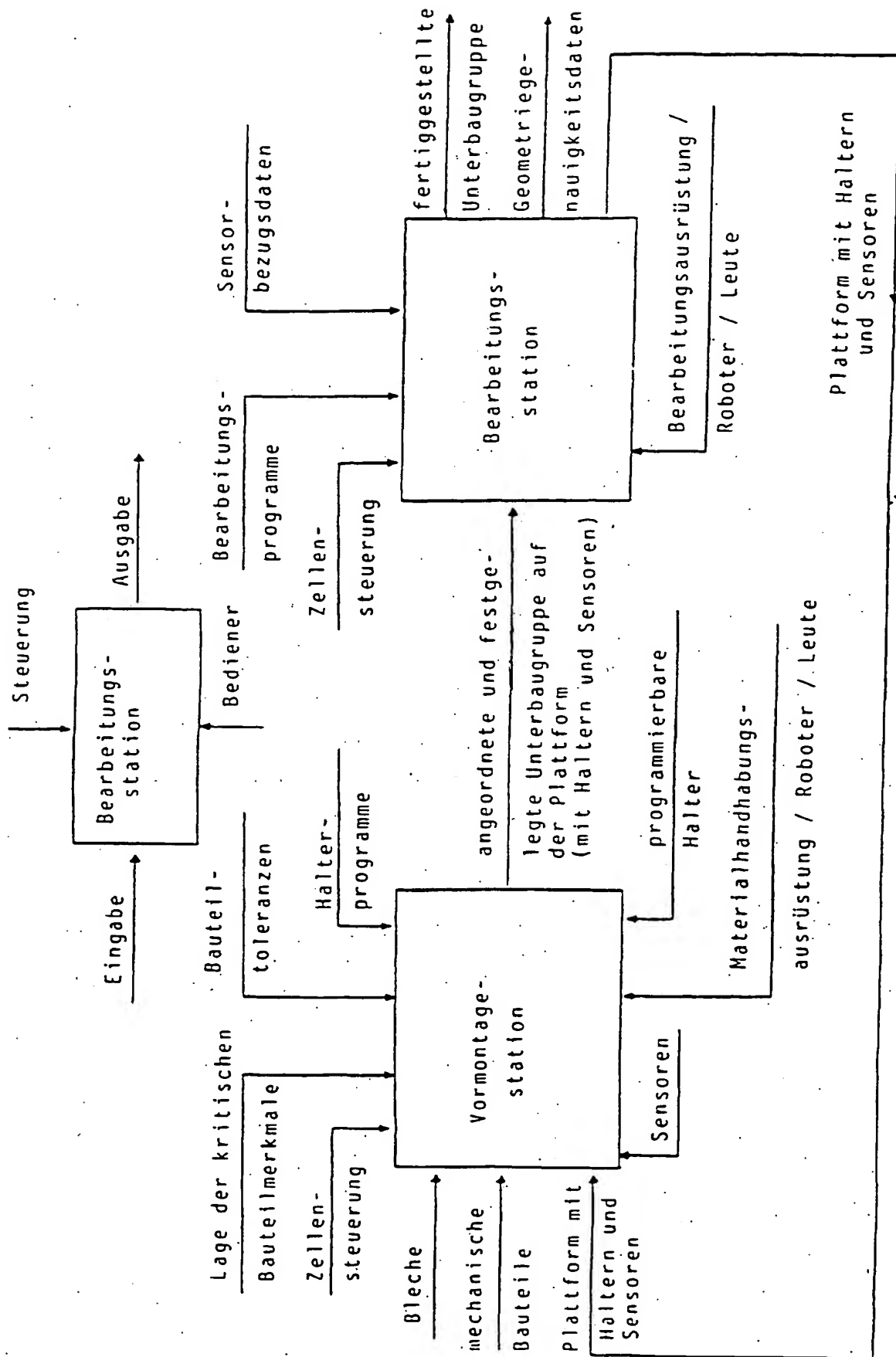


Fig.9

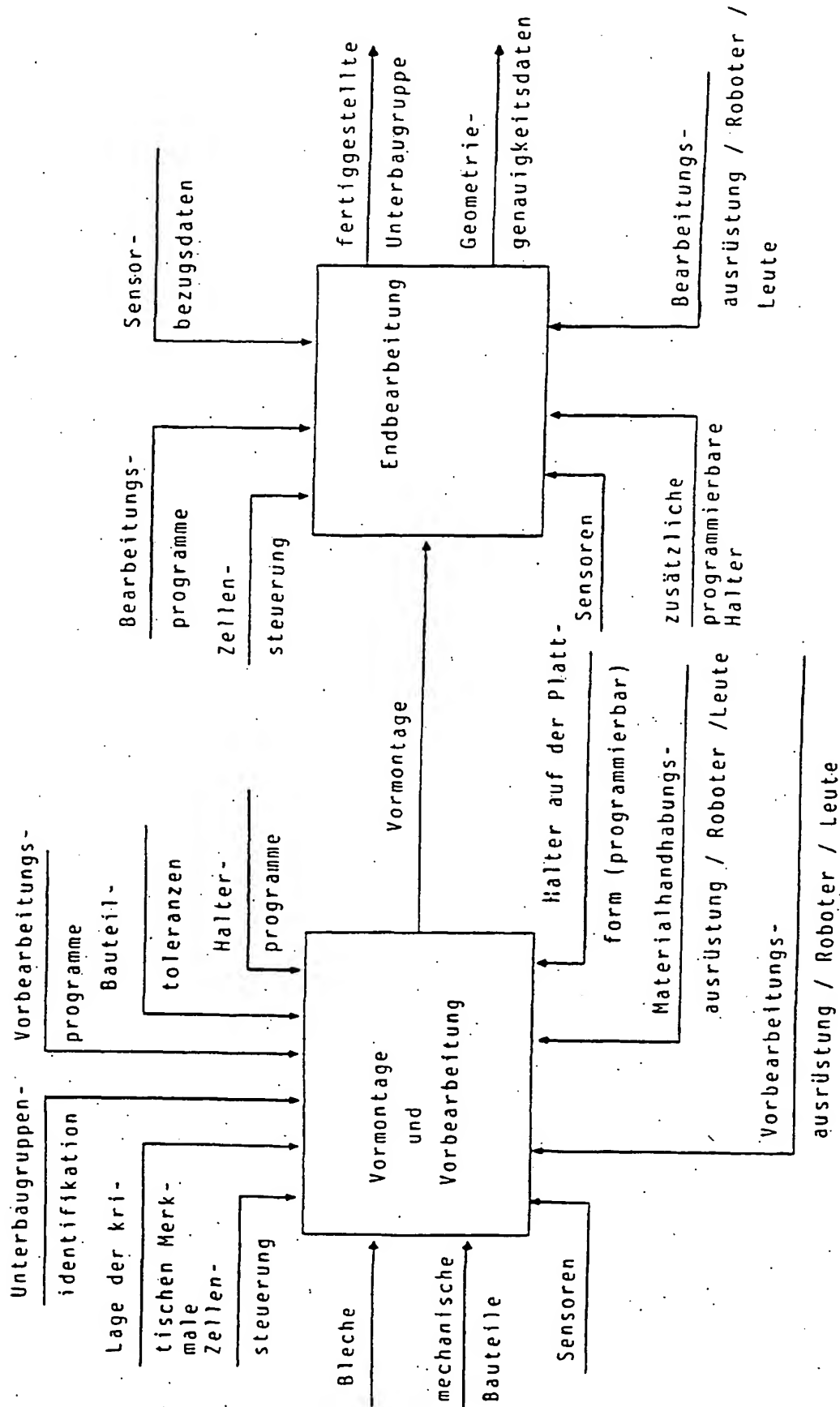


Fig.10



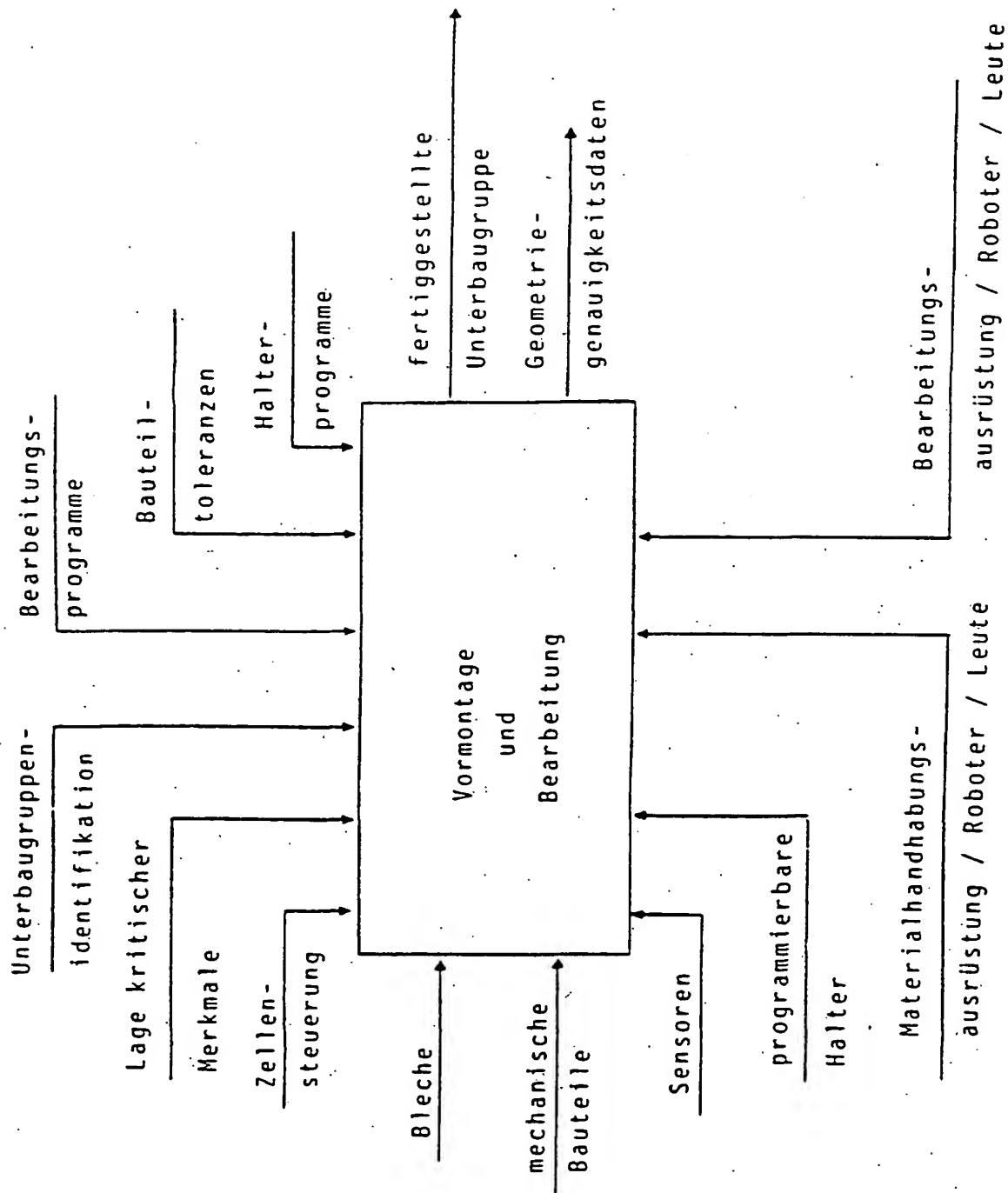


Fig. 11

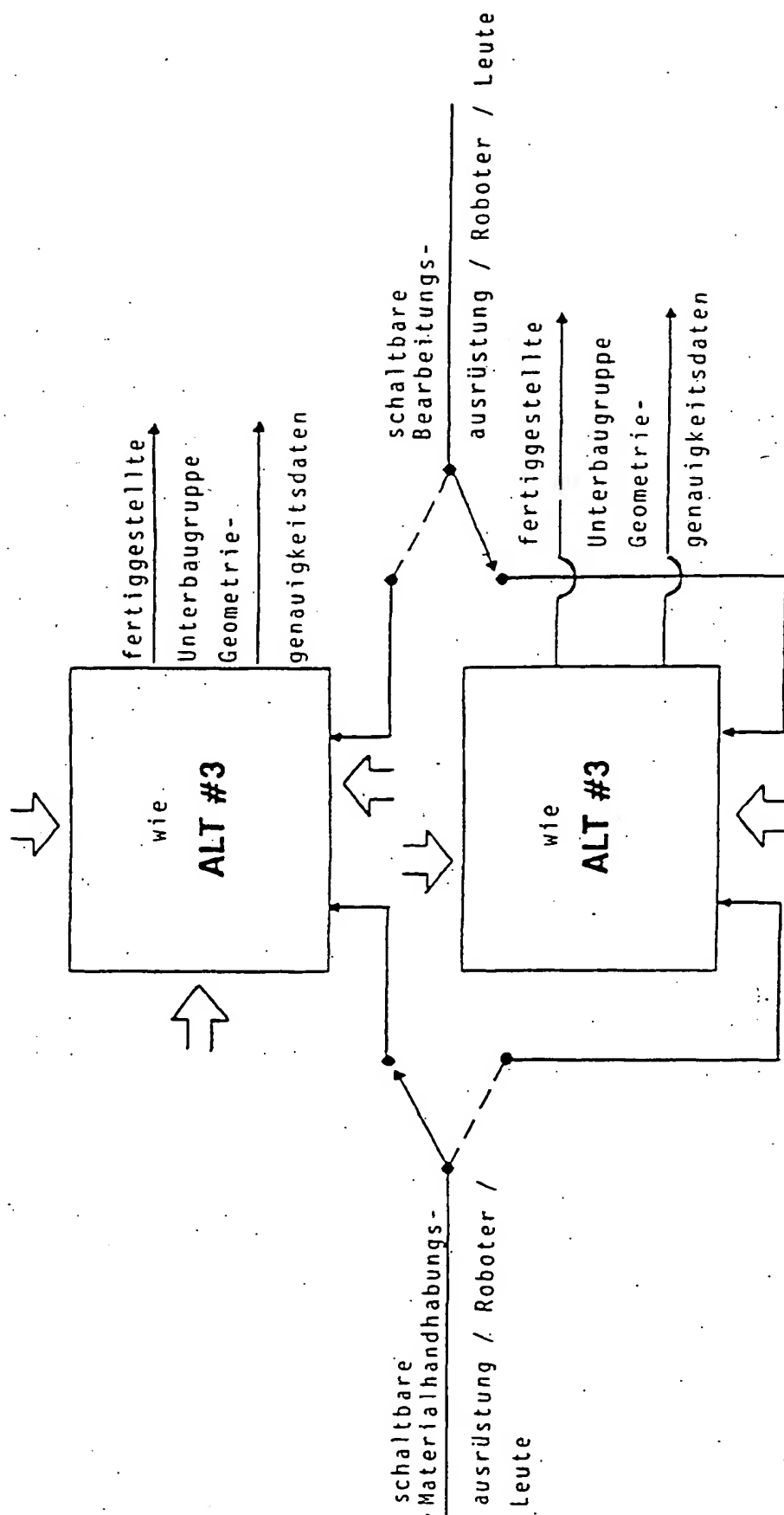


Fig. 12

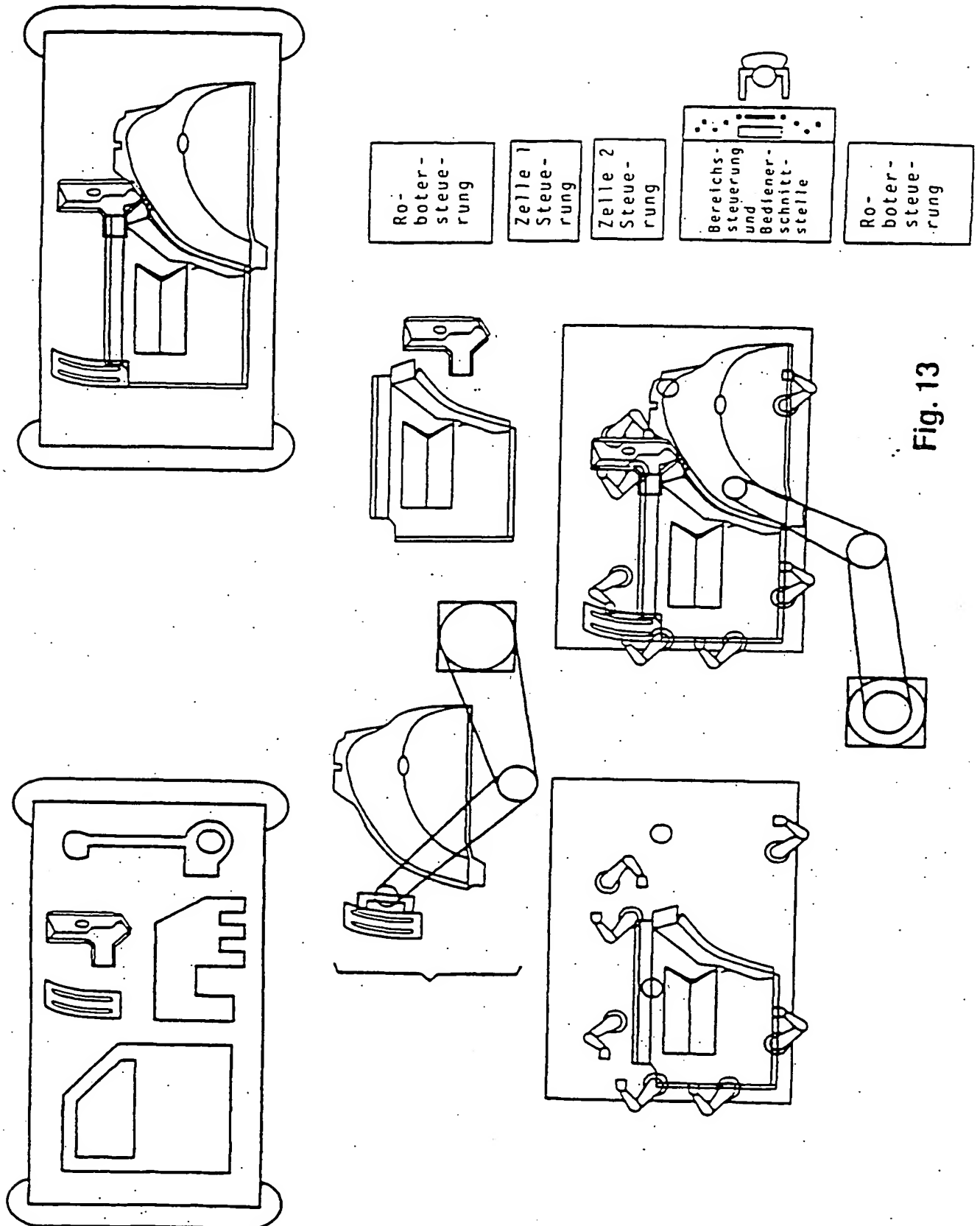


Fig. 13

